

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA
OSTRAVA**

HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Katedra environmentálního inženýrství

**VLIV PROSTŘEDÍ NA KVALITU SRÁŽKOVÝCH
VOD**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Veronika Rogozná

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Silvie Drabinová Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA
FACULTY OF MINING AND GEOLOGY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

**THE ENVIRONMENTAL IMPACT ON RAIN WATER
QUALITY IN SELECTED LOCALITIES**

BACHELOR THESIS

Author:

Veronika Rogozná

Supervisor:

Ing. Silvie Drabinová Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Katedra environmentálního inženýrství

Zadání bakalářské práce

Student: **Veronika Rogozná**
Studijní program: **B2102 Nerostné suroviny**
Studijní obor: **2102R006 Technologie a hospodaření s vodou**
Téma: **Vliv prostředí na kvalitu srážkových vod ve vybraných lokalitách**
The environmental impact on rain water quality in selected localities
Jazyk vypracování: **čeština**

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl
2. Srážkové vody
3. Znečištění srážkových vod
4. Experimentální část - charakteristika vybraných míst a vyhodnocení rozborů dešťových vod
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


HLAVÍNEK, P., P. PRAX, J. KUBÍK. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno, 2007, Artec. ISBN 80-86020-55-X.
KREJČÍ, V. Odvodnění urbanizovaných území, NOEL 2000 s.r.o., Brno, 2002, 1. Vyd., 562 stran, ISBN 80-86020-39-8.
HLAVÍNEK, P. a P. PRAX. Jak hospodařit s dešťovou na soukromém pozemku: praktický rádce pro obnovu propustnosti povrchů a zasakování. 1.vyd. Praha: Pro Středisko ekologické výchovy. Lesy hl. m. Prahy vydal Ústav pro ekopolitiku ve spolupráci s Asociací pro vodu ČR a fakultu stavební ČVUT, 2009, 43 s. ISBN 978-80-87099-06-3.
VÍTEK, J., D. STRÁNSKÝ, I. KABELKOVÁ, V. BAREŠ, R. VÍTEK. Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha, 2015. 128 stran. ISBN 978-80-260-7815-9.
KRÍŠ J. a kol. Vodárenstvo I - Zásobování vodou. STU, Bratislava, 2006. ISBN 80-227-2426-2.
Časopisy VTEI


Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Silvie Drabinová, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2018
Datum odevzdání: 30.04.2019




doc. Ing. Silvie Hevlánková, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

AUTORSKÉ PROHLÁŠENÍ

Celou bakalářskou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.

Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že bakalářská práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 24. 4. 2019

Veronika Rogozná

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych tímto poděkovala především Ing. Silvii Drabinové, Ph.D. nejen za velice vstřícný přístup a trpělivost, ale také za čas paní doktorky, rady a pomoc při získávání podkladů k této práci. Nemalé poděkování patří také paní Ing. Petře Malíkové, Ph.D. a paní laborantce Jarmile Bílské, které mi pomáhaly a dávaly rady při analýzách v laboratoři. A také paní Ing. Martině Nováčkové za rozbor AAS.

Rovněž bych chtěla touto cestou poděkovat všem majitelům pozemků, kteří mi pozemky pro odběry zpřístupnili.

Zároveň chci poděkovat všem, kteří mne na této škole vyučovali a přiučili mě novým znalostem.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá dopadem vlivu prostředí na kvalitu srážkových vod ve vybraných odběrných místech. Při spadu srážek jsou jinak čisté srážky znečištěny polutanty ze znečištěného ovzduší, tím, že na sebe váží znečištění především v plynné formě. V práci jsou popsány místa, odkud byla voda odebírána a jaké ukazatele byly stanoveny v laboratoři. Již zanalyzované vzorky jsou srovnávány s ČSN 75 7143, která udává jakost vod pro závlahové účely. Z výsledků analýzy lze určit, zda vodu ve všech odběrných místech lze používat pro závlahu.

Klíčová slova

Atmosférické srážky, srážková voda, chemismus v ovzduší, ovzduší, koloběh vody, hydrochemie

SUMMARY

The bachelor thesis deal with the environmental impact on rain water quality in selected localities. In the event of rainfall, otherwise pure rain water is polluted by pollutants from the polluted air by follow-up pollution primarily in gaseous form. The work describes the places where the water was collected and what indicators were determined in the laboratory. The already analyzed samples are compared with ČSN 75 7143, which specifies the quality of water for irrigation purposes. From the analysis results, it can be determined whether water can be used for irrigation at all selected localities.

Key words

Atmospheric water, rainwater, chemism in air, air, water cycle, hydrochemistry

OBSAH

1 Úvod a cíl	1
2 Srážkové vody	2
2.1 Dělení srážek z hlediska dopadu na zemský povrch	2
2.2 Charakteristika základních druhů vertikálních srážek	3
2.3 Charakteristika základních druhů horizontálních srážek	4
2.4 Charakter srážek z hlediska trvání	7
2.5 Srážkové vody z hlediska zákonů	9
3 Znečištění srážkových vod	11
3.1 Atmosféra Země	11
3.2 Znečišťující látky v atmosféře dle typu původu	12
3.2.1 Látky přírodního původu	12
3.2.2 Látky antropogenního původu	12
3.3 Znečištění dle rozsahu	13
3.4 Chemie ovzduší	14
3.5 Sloučeniny, které ovlivňují složení srážek	14
3.5.1 Sloučeniny síry	14
3.5.2 Sloučeniny dusíku	14
3.5.3 Amoniakální dusík	15
3.5.4 Chloridy	15
3.5.5 Sloučeniny uhlíku	15
3.6 Odstranění látek způsobujících znečištění v ovzduší	17
3.7 Rozšiřování znečištění do povrchových a podzemních vod	17
4 Experimentální část - charakteristika vybraných míst a vyhodnocení rozborů dešťových vod	19
4.1 Odběrná místa a jejich charakteristika	19
4.1.1 Petřvald u Karviné	19
4.1.2 Loštice	21
4.1.3 Ostrava – Stará Bělá	22
4.1.4 Třinecké železářny ve Vítkovicích	23
4.1.5 Bolatice	24
4.1.6 Chroustov	25
4.2 Srovnání analyzovaných hodnot	26
4.3 Stanovení jednotlivých hodnot v laboratoři	27

4.3.1	pH.....	27
4.3.2	Konduktivita – vodivost.....	27
4.3.3	Zákal.....	27
4.3.4	Veškeré látky.....	29
4.3.5	Nerozpuštěné látky.....	29
4.3.6	Rozpuštěné látky.....	30
4.3.7	Chloridy.....	31
4.3.8	Sírany.....	32
4.4	Rozbory AAS.....	33
4.4.1	Kadmium.....	34
4.4.2	Kobalt.....	34
4.4.3	Chrom.....	34
4.4.4	Nikl.....	34
4.4.5	Měď.....	35
4.4.6	Olovo.....	35
4.5	Látky stanovené v laboratoři, neudávané v ČSN 75 7143.....	37
4.5.1	Dusičnany.....	37
4.5.2	Dusitany.....	39
4.5.3	Amoniakální dusík.....	41
4.5.4	Celkový dusík.....	42
4.5.5	Chemická spotřeba kyslíku, stanovená manganistanem draselným.....	43
5	Závěr.....	44
	Seznam použité literatury.....	46
	Seznam zkratk.....	49
	Seznam obrázků.....	50
	Seznam tabulek.....	51

1 ÚVOD A CÍL

Tématem mé bakalářské práce je zkoumání vlivu prostředí v okolí odběrného místa na kvalitu srážkových vod v odběrném místě. Zajímá mě především, jak moc ovlivňují například v Ostravě okolní továrny nejen ovzduší, ale především jaký dopad má vypouštění zp

lodin do ovzduší na kvalitu srážkových vod.

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou popsány srážkové vody – jejich základní vertikální i horizontální druhy, jakost srážkových vod rozdělená do tříd, znečištění srážkových vod, chemie ovzduší a sloučeniny vyskytující se v ovzduší, rovněž také koloběh vody v přírodě aj.

Část praktická zahrnuje popis šesti zvolených odběrných míst, přičemž dvě místa jsou přímo z města Ostravy, jedno odběrné místo je v Petřvaldě u Karviné a další odběrné místo z Moravskoslezského kraje je z Bolatic. Pro lepší srovnání vzorků nejsou odebírány pouze vzorky z Moravskoslezského kraje, ale také vzorky z Olomouckého kraje a jedno odběrné místo jsem zvolila i v kraji Vysočina, kde odhaduji, že budou jedny z nejlepších výsledků.

V dnešní době, kdy je i Česká republika častěji sužována problémy sucha a je potřeba s vodou šetřit, může se využívání srážkových vod ukázat jako možné zmírnění čerpání pitné vody pro účely závlahy. Mnoho lidí využívá na svých pozemcích sběrná zařízení a nádoby pro uchovávání srážkových vod a jejich následné využití, nejčastěji na zalévání rostlin. Problémem může být, že pokud by byla srážková voda velmi znečištěná závadnými látkami a byly by s ní zalévány rostliny, mohly by se škodlivé látky ukládat v rostlinách i jejich plodech. Plody obsahující závadné látky následně mohou zkonzumovat lidé.

V závěru chci srovnat výsledky analýz s ČSN 75 7143 (Jakost vod pro závlahu), která udává normy pro vodu určenou k závlaze a řadí ji do jedné ze tří tříd kvality. Chci takto zjistit, zda lze ve všech odběrných místech srážkovou vodu shromažďovat například ve sběrných nádobách a v případě potřeby ji nadále smysluplně využívat, bez obavy, zda tato voda nebude mít negativní dopad na rostliny v případě používání pro účely závlahy. Způsob využití srážkové vody mi v dnešní době přijde jako mnohem rozumnější než ji jen likvidovat pomocí kanalizačního systému, jako tomu dnes bývá na mnoha místech v ČR.

2 SRÁŽKOVÉ VODY

Žijeme na planetě, kde z více než 70 % dominuje voda. Je odhadováno, že se v hydrosféře nachází asi 1,36 miliardy kubických kilometrů vody v kapalném stavu. Druhé největší zastoupení na Zemi má voda v pevném stavu, tedy led. Předpokládá se, že kdyby roztál veškerý led na planetě, stoupla by hladina moře zhruba o 70 metrů. [1]

Voda je součástí atmosféry, ve které se vyskytuje ve formě páry jako vlhkost ovzduší, kapek, zrněk nebo krystalků, které tvoří oblaky nebo ve formě atmosférických srážek, které padají na zem. Atmosférické srážky označované také jako hydrometeory, jsou zkrátka vodní částice různých velikostí i tvarů. Pojem atmosférická voda zahrnuje vodu v tuhém nebo kapalném skupenství, ta kondenzací vodní páry přejde do ovzduší a následně dopadají na povrch ve formě srážek. [2]

V České republice patří srážková činnost k hlavním zdrojům vody. V některém období může být srážková činnost nedostatečná a vznikají tak sucha. Jiná období jsou specifická vyššími úhrny srážek a nadbytkem vody. V některých případech, kdy jsou srážky soustředěny nad malou rozlohou, mohou způsobit lokální povodně. Nejčastější situací bývá vyváženost srážek spolu s dalšími faktory, díky této situaci může být vody dostatek. O tom, zda budou srážky kapalné nebo tuhé rozhoduje jejich závislost na více faktorech, jako je teplota nebo stupeň nasycení vzduchu parami. [2][3]

2.1 Dělení srážek z hlediska dopadu na zemský povrch

Srážky můžeme dělit z mnoha hledisek například na srážky horizontální a vertikální, srážky podle skupenství aj. Srážky horizontálním můžeme také nazvat jako srážky usazené. Jedná se totiž o usazené vodní kapky či zmrzlou vodu na zemském povrchu nebo jiných předmětech. [3] [4] [5]

Srážky vertikální:

- Déšť
- Mrholení
- Srážky smíšené dešťové se sněhem
- Sníh
- Kroupy
- Mrznoucí déšť

Srážky horizontální:

- Mlha
- Rosa
- Jíní
- Jinovatka
- Námraza

Zvlášť máme také srážky unášené větrem, jedná se o padající srážky, které však nabírají i horizontální pohyb, a tak smáčejí i svisle stojící objekty. [2]

2.2 Charakteristika základních druhů vertikálních srážek

Vertikální srážky se tvoří často ve vyšších vrstvách atmosféry a dále padají k zemi v kapalném stavu nebo ve stavu tuhém. [3][5]

- Déšť

Jedná se o srážky, které vypadávají z oblaků. Vodní kapky dosahují průměru mezi 0,5 mm až do 5,5 mm, rychlost jejich pádu je 9 m/s. Kapky větší než 5,5 mm se nemohou vyskytovat, protože se větší kapky při pádu roztříští na menší. Dešťové srážky přináší oblačnosti druhu Nimbostratus, většinou jsou tyto oblačnosti rozsáhlé. [3] [4]

Dešťové srážky lze rozdělit dle vydatnosti do tabulky (tabulka 1): [3] [6]

tabulka 1 - název deště dle vydatnosti srážky

Druhy	Úhrn srážek
Slabý déšť	do 1 mm/h
Mírný déšť	1,1 – 5 mm/h
Silný déšť	5,1 – 10 mm/h
Velmi silný déšť	10,1 – 15 mm/h
Liják	15,1 – 23 mm/h
Příval	23,1 – 58 mm/h
Průtrž mračen	nad 54 mm/h

- Mrholení

Jde o srážky s vodními kapkami o průměru méně než 0,5 mm, jejichž rychlost pádu se pohybuje maximálně okolo 4 m/s. Tyto kapky by neměli mít velkou intenzitu, aby již nebyly považovány za déšť. Tyto srážky jsou specifické nízkými srážkovými úhrny při minimálních intenzitách, V případě mrholení mohou být například jen lehce namočený betonové či asfaltové povrchy. Tento typ srážek jsou přenášeny oblakem druhu Stratus. [3] [4]

- Srážky smíšené dešťové se sněhem

Na zemský povrch dopadají v podobě deště se sněhem, příčinou je roztátí některých sněhových vloček vlivem teplejší vrstvy vzduchu. Tyto srážky jsou řazeny ke srážkám zimního typu, kdy dochází k přechodovému období mezi studeným a teplejším vzduchem či naopak. [4]

- Sníh

Jde o tuhé srážky především zimního typu, kdy z oblaků padají sněhové vločky – ledové krystalky či shluky těchto krystalků. Každá sněhová vločka má svůj jedinečný tvar. Sníh je specifická forma ledu. Srážky sněhového typu přináší oblak Nimbostratus nebo Altostratus. Díky sněhu jsou rostliny a někteří živočichové schopni přežít mrazy, neboť sníh má skvělé tepelně izolační schopnosti. [3] [4] [7]

- Kroupy

Jsou to poměrně velké bílé kusy ledu s různým tvarem a průměrem, který je větší než 5 mm. Kroupy vznikají při bouřkách a při jejich rozříznutí můžeme najít několik průzračných i neprůzračných vrstev. Padají pouze z oblaků Cumulonimbus, tyto oblaky jsou vertikálně velmi dobře vyvinuty. Kroupy jsou v průměru od 5 do 55 mm. Některé kroupy dosahovali hmotnosti až 1 kg. [3] [4]

- Mrznoucí déšť

Jedná se o zmrzlý déšť, za předpokladu, že roztáté sněhové vločky, které prošly teplejší vrstvou opětovně zmrzly při pádu z oblaku. Zledovatělé částice deště po dopadu na povrch odskakují, aniž by se tříštili. Může jít také o déšť, jehož kapky po dopadu na chladný zemský povrch zmrznou. Mohou zmrznout také na jiných předmětech, kde nebyla teplota uměle snížena, například na stromech, elektrickém vedení aj. Tento mrznoucí déšť vytváří usazeninu zvanou ledovka. [3] [4]

V našich podmínkách jsou nejběžnější srážky vertikální, tedy ty, které padají z oblaků. Srážky vznikají kondenzací vodní páry, tedy nasycením vzduchu vodními parami. K tomuto jevu dochází při ochlazení vzduchu na teplotu tzv. rosného bodu, tímto se stane vzduch nasyceným. Při dosažení teploty rosného bodu se začnou vodní kapky shlukovat. Důležitá je však přítomnost tzv. kondenzačních jader v atmosféře, jde například o mikroskopické částice prachu. Díky těmto kondenzačním jader mohou shluklé kapičky vody narůstat. Kapky narůstají do doby, kdy už je nelze v oblaku udržet a začnou z oblaku vypadávat. [4] [5]

2.3 Charakteristika základních druhů horizontálních srážek

Srážky horizontální jsou tvořeny kondenzací vodní páry na povrchu země, především na rostlinách, ale také na jiných předmětech. [5]

- Mlha

Mlha je oblak ležící nad zemí, který mnohdy značně omezuje viditelnost na různé vzdálenosti (obrázek 1). Mlha vzniká kondenzací vodní páry ve vzduchu v přízemních vrstvách. Jsou to malé vodní kapičky či drobné krystalky ledu rozptýlené ve vzduchu. Oblak se od mlhy liší tak, že mlha se dotýká zemského povrchu, avšak oblak nikoliv. Vznik mlhy způsobený ochlazováním vzduchu nad zemským povrchem může vyvolat mnoho různých faktorů. [9]



obrázek 1 - pohled na odběrné místo č. 3 s mlhou, (Rogozná, 2019)

- Rosa

Jsou to zkondenzované kapičky vody, usazující se na vegetaci a jiných plochách, které jsou vystaveny obloze. Rosa vzniká ochlazením povrchu při jasných a chladných nocích bez větru. Výskyt a množství rosy se měří pomocí tzv. rosoměrů. Jsou realizovány například sít'kou zavěšenou k vahadlu vah, přičemž podle množství usazené rosy na sít'ce se určuje přírůstek hmotnosti. [4] [10]

- Jíní

Nejedná se o zmrzlou rosu, avšak vyskytuje se v podmínkách pro výskyt rosy. Vyskytuje se při záporných teplotách u zemského povrchu – nízká přizemní teplota vzduchu okolo 5 cm nad zemí. Vzniká přímou přeměnou vodní páry na led, především na předmětech, které jsou u země blízko. Předměty by měli mít teplotu nižší, než je bod tuhnutí. Jíní mívá patrnou krystalickou strukturu. Můžeme se setkat s lidovým názvem „sedý mráz“. [4] [10]

- Jinovatka

Jinovatka patří k námrazovým jevům, je podobná jíní, vzniká ale také na předmětech nad zemí, například na stromech nebo elektrickém vedení, rozích budov nebo povrchu letadel. Pro vznik jinovatky je potřeba záporná teplota vzduchu a dostatečná vlhkost ve vzduchu. Jinovatka se tvoří v teplotách pod -8°C , při poklepání na objekt, jinovatka odpadne. Mívá tvar jehliček nebo šupinek. [4] [10]

- Sněhová pokrývka

Sněhovou pokrývkou je míněna vrstva o výšce minimálně 5 cm, která vznikla napadlým sněhem na zemském povrchu. Pokud výška napadaného sněhu nedosahuje této výšky, nazýváme tento jev sněhovým popraškem. Výšku sněhové pokrývky měříme sněhoměrnou latí a udává se přesně na centimetry. Zatímco v nížinách, tedy i v Ostravě se nejčastěji setkáváme se sněhovým popraškem nebo nesouvislou vrstvou sněhu, na horách bývají nejčastěji vysoké souvislé vrstvy sněhu (obrázek 2). Na Pradědu k datu 9. 4. 2019

sníh dosahoval do výšky 100–120 cm na sjezdovkách, mimo ně přírodní sníh nalezneme sahající do výšky 50 cm. [7] [6] [11]



obrázek 2 - pohled na zasněžený Praděd, (Rogozná, 2019)

Některé srážky mohou zapříčinit vznik nebezpečných meteorologických jevů na zemském povrchu, jako jsou:

- Ledovka

Ledovka je průvodní jev mrznoucího mrholení nebo mrznoucího deště. Ke vzniku je potřeba aby byl ve výšce teplý vzduch tak, aby z mraků přšelo, déšť padá na prochlazený zemský povrch a objekty na zemi, které mají pod 0°C. Kapky vody se po dopadu rozlijí a zmrznou. Tímto vzniká ledovka, což je hladká, kluzká a průhledná vrstva ledu, která v zimních obdobích působí nemalé komplikace například v dopravě. Při intenzivnějším mrznoucím dešti může mít vrstva ledovky i několik centimetrů, tato ledovka může lámat větve nebo trhat elektrické vedení. [4] [12]

- Náledí

Tento jev vzniká zmrznutím povrchů, které jsou již mokré například po roztátí sněhu. Je to zledovatělá vrstva, která pokrývá zemský povrch. Tato vrstva vzniká postupným mrznutím. Náledí může vzniknout i zmrznutím roztátého sněhu, při vzrostu teploty a následně poklesu teploty pod bod mrazu. Při slunečných zimních dnech, kdy vše taje a po západu slunce zase zmrzne, například stopy ve sněhu. [4] [12]

- Námraza

Tento jev vzniká zmrznutím kapek mrznoucí mlhy při styku s povrchem objektů nebo země, jejichž teplota je pod bodem mrazu. Námraza může vznikat také srážením vlhkosti vzduchu na prochlazeném zemském povrchu nebo předmětech. Námrazu můžeme dělit na průsvitnou a zrnitou. Průsvitná námraza vzniká při teplotě země mezi 0 až -3°C, zatímco zrnitá námraza při ještě nižších teplotách. Námraza průsvitná tvoří usazeninu ledu s drsným průsvitným povrchem, vzhledem připomíná ledovku. Námraza zrnitá tvoří bílou

usazeninu s vláknitou strukturou v podobě sněhobílých trsů. Oproti jinovatce se tvoří za předpokladu velmi silného proudění vzduchu. [4] [12]

- Zmrazky

Zmrazky vznikají podobně jako náledí, je to zmrznutí částečně roztátého sněhu po oteplení během dne. Vytvoří se ledová krusta, mohou to být kousky ledu, které se spojí i s jinou souvislou ledovou vrstvou. [4]

V České republice je množství horizontálních srážek relativně malé, měření těchto srážek se často zanedbává, neboť jej většina přístrojů ani nezachytí. Zdánlivě nepotřebné horizontální srážky však hrají velkou roli v zemědělství, především pak v suchých oblastech. [4] [5]

2.4 Charakter srážek z hlediska trvání

Srážky mají rozdílný charakter, liší se intenzitou deště a mají také různou délku trvání a dle toho je také můžeme rozlišit na více druhů:

- Srážky trvalé

Srážky trvalé nastávají, pokud trvají minimálně hodinu vkuse, vznikají z horizontálně rozsáhlých oblaků druhu Nimbostratus, Altostratus či Stratocumulus. Jsou ve formě deště nebo sněhu a vyskytují se nad rozsáhlým územím. [3] [4]

- Srážky v přeháňkách

Srážky v přeháňkách trvají krátce a zpravidla postihují malé území, avšak bývají velmi vydatné. Přeháňky padají z oblaků Cumulonimbus. Slabé přeháňky vypadávají i z mohutně vyvinutých oblaků. S přeháňkami se často vyskytují silné nárazy větru a v letním období také krupobití nebo bouřky. [3] [4]

- Srážky občasné

Jde o přerušovaný déšť, který vypadává z vrstevnatých oblaků druhu Nimbostratus. [3]

- Přívalové deště

Déšť vypadává z mohutných mraků typu Kumulonimb a během krátkého intervalu času spadnou desítky milimetrů srážek. Přívalové deště bývají spojeny s místními záplavami nebo povodněmi. [3]

Pojem srážková výška, která je udávána v milimetrech vyjadřuje množství srážek. Jeden milimetr srážek je shodný jako litr vody, která spadne na plochu 1m^2 . Úhrnem srážek se rozumí celková výška srážek, které spadnou na danou plochu v určitém období. Úhrn srážek může být také označován jako srážkový úhrn. Intenzita srážek je pojem pro vyjádření síly a délky trvání srážky v určitém časovém úseku, jedná se o vydatnost srážky, lze určit,

zda je intenzita okamžitá nebo průměrná. Intenzita srážek je vyjádřena v mm za hodinu např. 5 mm/h. Tento údaj by značil, že za předpokladu neodtékání vody by na 1m² plochy spadlo 5 litrů srážek za 1 hodinu. [4] [5]

Různá intenzita deště má svůj projev a rozlišuje se dle úhrnu srážek, jak ukazuje tabulka 2. [13]

tabulka 2 - projevy intenzity dešťů

Intenzita deště	Rozsah deště	Projev	Hrozba
Velmi slabá	pod 0,1 mm/h	Mrholení, kapání	Bez větší hrozby
Slabá intenzita	0,1 – 2,5 mm/h	Děšť	Bez vážné hrozby
Mírná intenzita	2,6 – 10 mm/h	Děšť „na deštník“	Řidičům se lesknou silnice po dešti
Silná intenzita	10 – 25 mm/h	Intenzivní děšť	Na silnicích vznikají kaluže, může dojít k aquaplaningu
Velmi silná intenzita	nad 25 mm/h	Přívalový děšť	Mohou vzniknout škody na majetku

V České republice bylo průměrné množství srážek v roce 2018 přibližně 522 mm za rok. Oproti roku 2014 zaznamenáváme velký pokles, neboť v roce 2014 byl průměrný srážkový úhrn 657 mm. To že Českou republiku už pár let sužují problémy se suchem, rok 2017 přispěl k rozvoji hydrologického a půdního sucha. Léto v roce 2017 bylo 4. nejteplejším od roku 1961. V jednotlivých letech srážky kolísají v průměru asi +/- 40 % v průběhu posledních sta let, bylo zaznamenáno kolísání mezi 50 až 150 % průměrných ročních srážek. V roce 1947 bylo extrémní sucho, rok 1926 byl pro změnu velmi bohatý na srážky. Rozdělení ročního úhrnu srážek připadá přibližně 25 % na jaře, 40 % na léto, 20 % na podzim a zbylých 15 % na zimu. [14] [15] [16] [17] [18]

tabulka 3 - srovnání ročního úhrnu srážek v ČR a MS kraji za posledních 6 let

Srovnání průměrného ročního úhrnu srážek v uplynulých 6 letech		
Rok	Česká republika	Moravskoslezský kraj
2018	522 mm	641 mm
2017	683 mm	857 mm
2016	637 mm	833 mm
2015	532 mm	558 mm
2014	657 mm	814 mm
2013	727 mm	771 mm

Je zřejmé, že průměrné srážkové úhrny v Moravskoslezském kraji podstatně převyšují celkové průměrné úhrny v ČR (tabulka 3). Oproti tomu kraj s nejnižším úhrnem srážek v uplynulých letech byl jednoznačně kraj Jihomoravský. [14]

S pohledem na tabulku č. 3 zjišťujeme, že průměrné roční úhrny srážek za posledních 6 let převážně klesají. Jelikož úhrny srážek klesají je stále větší problém sucha, naskytá se možnost používat srážkovou vodu k účelům závlahy.

2.5 Srážkové vody z hlediska zákonů

Srážkové vody jsou často omílány v mnoha zákonech, pokaždé definovány jinak a vždy s úpravou zasazeny do konkrétního zákona. Srážkové vody jinak definuje zákon č. 254/2001 Sb. o vodách (dále jen „vodní zákon“), jinou definici nalezneme v zákoně č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích. Další možnou definici stanoví zákon č. 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (dále jen „stavební zákon“).

Dle Zákona č. 254/2001 Sb. o vodách je v §2 Vymezení pojmů v prvním bodě definováno:

„Povrchovými vodami jsou vody přirozeně se vyskytující na zemském povrchu; tento charakter neztrácejí, protékají-li přechodně zakrytými úseky, přirozenými dutinami pod zemským povrchem nebo v nadzemních vedeních.“ [23]

V zákoně č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích najdeme slovní spojení „srážková voda“ v souvislosti s §2 bodem 2, kde je psáno:

„Kanalizace je provozně samostatný soubor staveb a zařízení zahrnující kanalizační stoky k odvádění odpadních vod³⁾ a srážkových vod společně nebo odpadních vod samostatně a srážkových vod samostatně, kanalizační objekty, čistírny odpadních vod, jakož i stavby k čištění odpadních vod před jejich vypouštěním do kanalizace. Odvádí-li se odpadní voda a srážková voda společně, jedná se o jednotnou kanalizaci a srážkové vody se vtokem do této kanalizace přímo, nebo přípojkou stávají odpadními vodami. Odvádí-li se odpadní voda samostatně a srážková voda také samostatně, jedná se o oddílnou kanalizaci. Kanalizace je vodním dílem.“ [24]

Zákon 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu §80 odstavec 3 bod e):

„Úpravy pozemků, které mají vliv na schopnost vsakování vody, provedené na pozemku rodinného domu nebo na pozemku stavby pro rodinnou rekreaci, které souvisí nebo podmiňují bydlení nebo rodinnou rekreaci, neslouží ke skladování hořlavých látek nebo výbušnin, není v rozporu s územně plánovací dokumentací, a plocha části pozemku schopného vsakovat dešťové vody po jejich provedení bude nejméně 50 % z celkové plochy pozemku rodinného domu nebo stavby pro rodinnou rekreaci.“ [25]

Mé subjektivní vnímání této definice je takové, že srážkové vody jsou vody v jakémkoliv skupenství, které jsou stále ve fázi vznosu a žádnou částí svého povrchu se nedotýkají pozemků, staveb a jiných subjektů na zemi. Po dopadu na povrch jsou vodami povrchovými a po zasáknutí se stávají vodami podzemními.

3 ZNEČIŠTĚNÍ SRÁŽKOVÝCH VOD

Srážkové vody jsou označovány jako nejčistší druh vody, průchod znečištěnou vrstvou ovzduší však toto znečištění přenese do srážek, a na zemský povrch pak může dopadat srážková voda již znečištěná. Srážková voda je nejčastěji znečištěna již při průchodu znečištěným ovzduším. [5] [19]

3.1 Atmosféra Země

Vrstva atmosféry zvaná troposféra, která sahá od zemského povrchu do výšky 1000 až 1500 m má nejvýznamnější vliv na chemické složení srážkových vod. Chemické složení atmosféry je do výšky 100 km (homosféra) podobné. [5]

Tato spodní část atmosféry, která je velmi stabilní má složení přibližně takové, jako uvádí tabulka 4. [26]

tabulka 4 - látkové zastoupení v ovzduší

Látka	Množství (%)
Dusík (N ₂)	78,08 %
Kyslík (O ₂)	20,95 %
Argon (Ar)	0,93 %
Oxid uhličitý (CO ₂)	0,031 %
Neon (Ne)	0,0018 %
Hélium (He)	0,00052 %
Metan (CH ₄)	0,0002 %
Krypton (Kr)	0,00011 %
Vodík (H ₂)	0,00005 %
Oxid dusný (N ₂ O)	0,00005 %
Xenon (Xe)	0,000009 %
Oxid siřičitý (SO ₂)	0 – 0,0001 %
Ozón (O ₃)	0 – 0,000007 %
Oxid dusičitý (NO ₂)	Stopové množství
Čpavek (NH ₄)	Stopové množství
Oxid uhelnatý (CO)	Stopové množství
Jód (J ₂)	Stopové množství

Jak je zjevné z tabulky 4 součtem něco kolem 1 % obsahuje řadu vzácných plynů, které mají pro život na Zemi velký význam. [26] [27]

Srážky a jejich chemické složení, je ovlivněno díky tzv. vymývání chemických látek či aerosolů z oblasti v oblaku a pod oblakem. Největší množství různých aerosolů ze vzduchu s sebou strhává déšť a sníh, kvůli své poměrně velké plochy. Další faktor ovlivňující chemické složení atmosférických srážek je vodnatost oblaků, charakter předrážkového období, množství srážek, velikosti částic aerosolů, velikosti kapek nebo délka trvání srážky. Nejvíce znečištěné jsou srážkové vody poblíž průmyslových center, sídlišť a velkoměst. Naproti tomu nejméně znečištěné látky bývají v horských oblastech, za předpokladu, že zdejší ovzduší není znečištěno dálkovým přenosem polutantů. [5][27] [28]

V urbanizovaných územích, pokrytých nepropustnými plochami se nacházejí látky z různých zdrojů znečištění i aktivit např. znečištění z dopravy, zvířecí trus či znečištění z okolního průmyslu. Tyto látky jsou při dešťových událostech smývány do odvodňovacího systému, kterým se následně dostávají do vod povrchových. Míra znečištění vod povrchových závisí na okolním prostředí. V prostředí, kde je mnoho průmyslových továren, je ovlivněno ovzduší a dochází ke znečištění srážkových vod již před jejich dopadem na povrch. [28]

3.2 Znečišťující látky v atmosféře dle typu původu

Znečištění ovzduší a následné znečištění, které se dostává do srážkových vod, můžeme dělit ze dvou hledisek, podle přírodního (vyskytuje se v přírodě přirozeně) nebo antropogenního původu (obvykle z lidské činnosti). [5] [19]

3.2.1 Látky přírodního původu

Zde můžeme zařadit znečištění z pylů, částí půdy, eroze minerálů, zbytků rostlin či rozkladu živočichů nebo také vulkanické činnosti. Tyto látky jsou přenášeny větrem. Například chloridy obsažené ve srážkových vodách mohou být přírodního původu, mohou se do srážek dostat pomocí transportu kapek z mořské vody. Fosfor a dusík obsažený ve srážkových vodách může být rovněž přírodního původu, neboť původcem mohou být organismy v rozkladu a pyly. [27]

Kromě znečištění přírodního původu nalezneme ve srážkových vodách také znečištění čistě antropogenního původu.

3.2.2 Látky antropogenního původu

Do znečištění tohoto původu můžeme řadit výfukové plyny, emise z elektráren, továren těžkého i jiného průmyslu, emise ze spalování fosilních paliv aj. Častým antropogenním a škodlivým znečištěním jsou sloučeniny síry a dusíku, které tvoří acidifikaci vod a kyselý déšť. [27]

3.3 Znečištění dle rozsahu

Stav ovzduší se za posledních 20 let zlepšil, ale i přes tuto skutečnost žije okolo 60 % obyvatel stále v oblastech, kde se překračují zákonem stanovené limity pro znečištění ovzduší. V ČR bylo v roce 2017 vyhlášeno okolo 39 smogových situací. V České republice zemře ročně okolo 11 000 lidí předčasně v důsledku znečištění ovzduší. Za následek má znečištěné ovzduší také chronická nebo akutní onemocnění srdce, cév či dýchacího ústrojí. Nejvíce se na úmrtí podílí mikroskopický prach, který v roce 2017 zapříčinil zhruba 5 700 úmrtí. Další úmrtí jsou přisuzována oxidům dusíku nebo přízemnímu ozonu. Mezi hlavní zdroje znečištění v celé ČR můžeme řadit lokální topeniště, především ta, kde se používá uhlí. Tyto topeniště produkují okolo 98 % karcinogenních látek a jsou také původcem prachu, dále zde řadíme uhelné elektrárny a teplárny. Značný zdroj znečištění ve velkých městech je doprava a průmyslové podniky. Zemědělství především pak chov hospodářských zvířat a používání hnojiv způsobují znečištění čpavkem. Přenos znečištění ze zahraničí je také nezanedbatelný zdroj. Podle rozsahu můžeme znečištění dělit na lokální, regionální nebo globální. [5] [29]

- Lokální znečištění

Znečištění ve městech nebo průmyslových oblastech. Vzniká z lokálních topenišť spalováním nejen uhlí, ale také, jak tomu bývá na vesnicích – pálením všeho co lze, včetně plastových výrobků nebo výrobků z gumy aj. [5]

Regionální znečištění

Znečištění v rozmezí celých územních celků nebo v kontinentů. Zde můžeme zařadit jako ukázkou typické Ostravské rozsáhlé průmyslové zóny například ArcelorMittal Ostrava a.s., rozdělené závody Vítkovice a.s. a v dřívějších dobách koksovny a chemické závody. [5]

- Globální znečištění

Znečištění atmosféry, které je projevováno změnou složení atmosféry jako celku. Důsledkem globálního znečištění mohou být změny klimatu, nerovnovážná koncentrace ozonu ve stratosféře a jiné geofyzikálně-chemické projevy. [5]

Znečištěné ovzduší se přenáší i na větší vzdálenosti od zdrojů, tímto může mít znečištění různý ekologický a společenský dopad i v tzv. „čistých“ oblastech. Tyto znečišťující látky způsobují znečištění ve srážkových vodách. Znečištění ovzduší a následně srážek jsou vážným mezinárodním problémem, ohrožuje životní prostředí, z vodohospodářského hlediska je ovlivněna čistota podzemních i povrchových vod. [5] [28]

3.4 Chemie ovzduší

Chemie ovzduší se zabývá polutanty v ovzduší. Polutanty jsou myšleny znečišťující látky, vyskytující se v ovzduší, mnohdy se zdraví škodlivými účinky. [6] [27]

- **Míra znečištění atmosféry**

Měří se po kvantitativní i kvalitativní stránce za pomoci síťových měření, která jsou prováděna přímo v terénu. Získané údaje slouží pro základní materiál k vyhodnocení znečištění atmosféry, také je lze použít jako údaje pro teoretické studium podmínek pro přenos nečistot v atmosféře. [20]

- **Prostorový rozptyl znečišťujících látek v ovzduší**

Rozptyl je ovlivněn souborem meteorologických prvků, ale největší význam má směr a rychlost větru s intenzitou turbulentní výměny, ta napomáhá difuzi nečistot v ovzduší. Srážky mají velký význam pro vymývání nečistot ze vzduchu. [20]

- **Monitorování okamžitého stavu**

Činnost monitoringu zahrnuje sledování znečištění ovzduší a také sledování meteorologických podmínek, které ovlivňují prostorový rozptyl příměsí. Tato činnost poskytuje podklady pro fungování varovných i regulačních systémů, které jsou používány při vysokém znečištění vzduchu a špatných rozptylových podmínkách v atmosféře. Následně se podle plánů omezuje činnost zdrojů znečištění, reguluje se doprava apod. [20]

3.5 Sloučeniny, které ovlivňují složení srážek

Složení srážek je dáno převážně složením atmosféry, ze které jsou dané sloučeniny vymývány.

3.5.1 Sloučeniny síry

Nejtypičtějším zástupcem polutantů ze síry je oxid siřičitý (SO_2), ten se do ovzduší dostává převážně ze spalování tuhých a kapalných fosilních paliv. Zdroj oxidu siřičitého je převážně tedy antropogenního původu, i když malé množství tohoto znečištění pochází z vulkanické činnosti. [27]

3.5.2 Sloučeniny dusíku

Patří zde například oxid dusnatý (NO), oxid dusný (N_2O), oxid dusičitý (NO_2) jsou typickými především pro atmosféru ve velkoměstech a průmyslových oblastech. Tyto oxidy dusíku vznikají spalováním paliv, oxidací atmosférického dusíku, vyskytují se ve výfukových plynech vozidel. Rovněž pochází z chemické výroby. Přírodním zdrojem oxidů dusíku jsou elektrické výboje v atmosféře. Oxidy dusíku se mohou oxidací transformovat na

kyselinu dusičnou. Oxidy dusíku bývají druhou nejrozšířenější závadnou látkou ve srážkových a povrchových vodách z hlediska acidifikace, první látkou jsou sírany. [27]

3.5.3 Amoniakální dusík

Jedná se o třetí nejvíce rozšířenou dusíkatou látkou v atmosféře, hned po elementárním dusíku a oxidech dusíku. Atmosférický aerosol z velké míry tvoří amonné soli. Amoniakální dusík je uvolňován při mikrobiálním rozkladu organické hmoty, dostává se z živočišných exkrementů, uniká z hnojiv, vzniká rovněž při spalovacích procesech. V zemědělských oblastech je dominující nad ostatními formami dusíku v ovzduší. [27]

3.5.4 Chloridy

Chloridy nalezneme ve srážkových vodách z původu přírodního, jako je dálkový přenos kapek z moře nebo vulkanické činnosti. Hlavním původcem antropogenního znečištění chloridy je produkce HCl, vznikající spalováním odpadů, které obsahují polyvinylchloridové plasty. V zimních obdobích přispívá ke koncentraci chloridu v ovzduší oplachy a výpary ze silnic, které jsou posypány solí. [5] [27]

3.5.5 Sloučeniny uhlíku

Oxid uhličitý je čtvrtá nejrozšířenější složka ve vzduchu. Čistý vzduch má obsah CO_2 okolo 0,03 %. Oxid uhličitý vzniká při spalování paliv kapalných i tuhých. Koncentrace CO_2 stále rostou, máme tedy důvod mít obavy z klimatických změn, které mohou vzniknout zvýšenou absorpcí infračerveného záření (známé jako skleníkový efekt). Spolu s oxidem uhličitým vzniká při spalování také oxid uhelnatý (CO), podílí se na tvorbě fotochemického smogu. Dalším zdrojem například uhlovodíků jsou průmyslové odpady ze zpracování ropy, rovněž výfukové plyny z motorových vozidel. V půdě i vodě se tvoří metan při anaerobním rozkladu organických látek. [27]

Atmosférické srážky mohou obsahovat také vázaný dusík či fosfor. Původem těchto látek jsou například pyly. Rovněž ovzduší obsahuje látky jako hořčík, vápník, sloučeniny fosforu aj. Tyto látky do ovzduší přecházejí z prachových částic z půdy, mořské vody, spalovacích procesů, minerálů, zemědělství a dalších činností. [27]

Rozdílné znečištění může pocházet z konkrétních typů plochy. Pro některé plochy jsou přímo typické určité znečišťující látky a můžeme tak předem očekávat jejich přítomnost, jak můžeme vidět na obrázku 3. [30]

Typ plochy		Hrubé nečistoty, splaveniny	Jemné částice	Těžké kovy	Uhlovodíky	Organické znečištění, BSK ₅	Živiny N, P	Patogenní mikroorganismy	Chloridy
Střechy	vegetační extenzivní	○	○	○	○	○	○	○	○
	vegetační intenzivní	○	○	○	○	●	●	○	○
	inertní	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře- ných kovových částí do 50 m ²	●	●	●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře- ných kovových částí 50 m ² až 500 m ²	●	●	●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
	s plochou neošetře- ných kovových částí nad 500 m ²	●	●	●●●	○/●	○/●	○/●	○/●	○
Zatrávněné plochy		●/●●●	●/●●●	○	○	●	●	○/●	○
Komunikace pro chodce a cyklisty		●●	●	○/●	○/●	●	●	●	○/●
Parkoviště	málo frekventovaná (osobní auta)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	(vysoce) frekvento- vaná (os. auta a busy)	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	nákladní auta ^d	●●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●
Pozemní komunikace	málo frekventované ^a (přijezdy k domům)	●●	●	●	●	●	●	●	●
	středně frekventované ^b	●●	●●	●●	●●	●	●	●	●●
	vysoce frekventované ^c	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●	●●●
Plochy u skladišť, manipulační plochy		●/●●●	●/●●●	●/●●●	●/●●●	●	●	●	●/●●
Komunikace zemědělských areálů		●●●	●●●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	○/●
○		neznečištěná srážková voda							
●		mírně znečištěná srážková voda							
●●		středně znečištěná srážková voda							
●●●		vysoce znečištěná srážková voda							
/		až							
a		< 300 automobilů za 24 h, např. příjezdy k domům a místní komunikace v obytné zástavbě							
b		300 automobilů až 15 000 automobilů za 24 h							
c		nad 15 000 automobilů za 24 h, obvykle dálnice a rychlostní silnice							
d		parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací							

obrázek 3 - tabulka znečišťujících látek na typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod

Vlivy srážek na životní prostředí a vodní ekosystémy:

- Acidifikace půd – dopad na kořenové systémy a úrodnost půdy
- Acidifikace povrchových vod – poškození vodní flory i fauny, zároveň vyhynutí některých druhů
- Přisun kovů do půdy i povrchových vod
- Koroze stavebních materiálů – agresivní působení na kovové konstrukce či omítky
- Poškození vegetace – rozvoj škůdců, ochuzení o některé druhy [27]

3.6 Odstranění látek způsobujících znečištění v ovzduší

Atmosféra má jistou samočisticí schopnost sama o sobě, jedná se o snahu odstranění znečišťujících látek. Látky, které jsou z atmosféry odstraněny, se vracejí z velké části na Zem a pro změnu znečišťují vody povrchové i podzemní. [5]

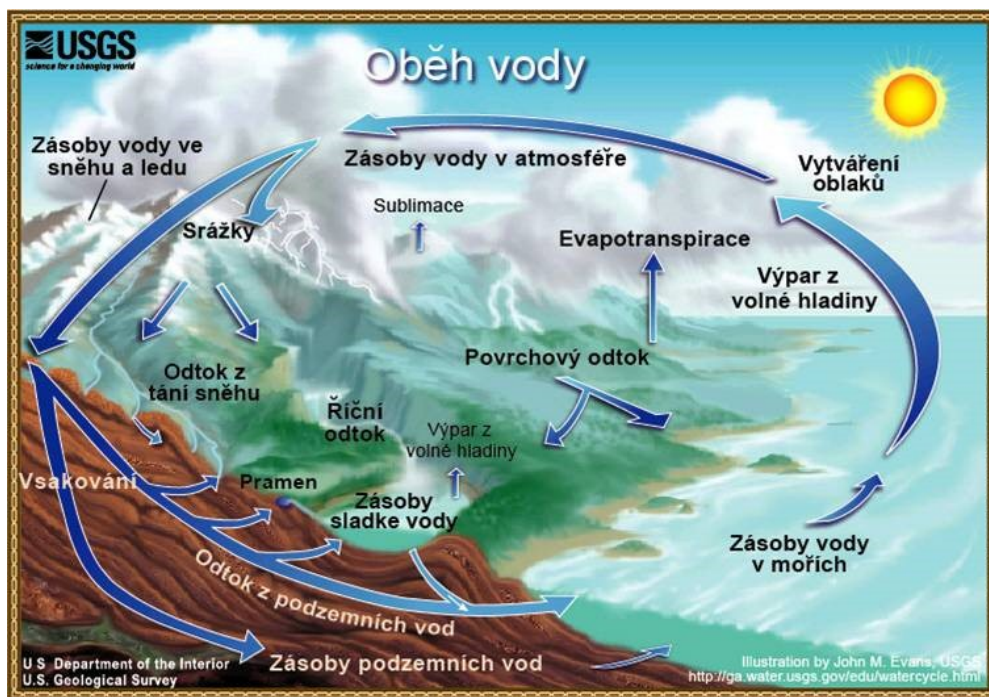
Samočisticí schopnost probíhá pomocí suché a mokré depozice. [5]

Suchá depozice spočívá v transportu plynů a částic z ovzduší směrem k povrchu. Velké částice sedimentují, zatímco plyny a malé částice jsou transportovány turbulentní difúzí. Na povrchu země se částice zachytávají, nejvíce pomocí sorpce na povrchu, zachytávání na vegetaci pomocí průduchů rostlin. Suchá depozice má velký význam pro formování jakosti povrchových vod v oblastech, kde je velice znečištěné ovzduší. [5]

Mokrá depozice spočívá ve vymývání částic aerosolu nebo plyných příměsí srážkami. Srážky jsou nejúčinnějším procesem samočištění atmosféry. Srážky mají významnou roli při koloběhách látek v přírodě – voda, uhlík, dusík, síra aj. Vymývání atmosférického znečištění srážkami je složitým procesem. Jistá část látek se do srážek dostane už v oblaku, proto tuto část nazýváme vymýváním oblaku (rainout), Značná část se vymývá po dobu pádu srážky z oblaku, jde o tzv. vymývání pod oblakem (washout). [5] [8]

3.7 Rozšiřování znečištění do povrchových a podzemních vod

Ke znečištění podzemních vod pocházejícího ze znečištěné atmosféry dochází také za přičinění procesu zvaného koloběh vody (obrázek 4). Koloběh vody popisuje, jak se voda z jednoho rezervoáru dostává do dalších, pomocí procesů jako je evapotranspirace, kondenzace srážek, povrchový odtok, infiltrace, sublimace, vypařování, tání. K největšímu vypařování do atmosféry dochází z vody pocházející z oceánů. Z této vypařené vody se však pouze 91 % navrátí zpět do oceánu za pomoci srážek. Zbylých 9 % se dostane na pevninu, kde jsou vhodné klimatické podmínky pro tvoření srážek. Výsledná nevyváženost mezi mírou odpařování, srážkami nad pevninou a nad oceánem odpovídá odtoku a proudění podzemních vod do oceánů. [3] [31] [32]



obrázek 4 - koloběh vody

Ke znečištění podzemních vod dochází při vsakování vody do podzemí. Míra vsáknuté vody závisí na míře propustnosti geologického podloží. Podloží můžeme dělit na velmi nepropustnou zeminu, nepropustnou zeminu, málo propustnou zeminu, propustnou zeminu nebo velmi propustnou zeminu. Z různých typů plochy odtéká znečištěná voda o určité míře znečištění, jak ukazuje obrázek 5. [22] [33]

Typ plochy	Míra znečištění srážkových vod	
<ul style="list-style-type: none"> Vegetační střechy Střechy z inertních materiálů Střechy s plochou neošetřených kovových částí do 50 m² Komunikace pro chodce a cyklisty Málo frekventovaná parkoviště osobních aut Málo frekventované pozemní komunikace^a (přijezdy k domům) 	<div>■</div> <div>■ ■</div> <div>■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■</div>	nízká
<ul style="list-style-type: none"> Střechy s plochou neošetřených kovových částí 50 m² až 500 m² Středně frekventované pozemní komunikace^b Vysoce frekventovaná parkoviště (osobní auta a autobusy) 	<div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div>	střední
<ul style="list-style-type: none"> Střechy s plochou neošetřených kovových částí nad 500 m² Vysoce frekventované pozemní komunikace^c Plochy u skladišť, manipulační plochy Komunikace zemědělských areálů Parkoviště nákladních aut^d 	<div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div> <div>■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■</div>	vysoká
^{a, b, c} viz tabulku A.1 ^d parkoviště, která nejsou součástí veřejných komunikací		

obrázek 5 - stupeň znečištění vod dle typu povrchu

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST - CHARAKTERISTIKA VYBRANÝCH MÍST A VYHODNOCENÍ ROZBORŮ DEŠŤOVÝCH VOD

Experimentální část je věnovaná popisu šesti vybraných odběrných míst, popisu způsobu odběru všech vzorků, srovnání výsledků analýz a zařazení výsledků do třídy jakosti podle ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu). Tuto normu jsem zvolila za vhodnou, neboť nejčastější způsob využití srážkových vod je pro účel závlahy.

V laboratoři jsem se věnovala rozboru několika ukazatelů, stanovení pH, NL a VL, CHSK_{Mn} atd. viz následující text. Výsledky analýz byly velice rozdílné. Z pohledu na tabulky níže, lze určit, kde okolní prostředí nejvíce negativně ovlivňuje složení srážek, a kde byly výsledky naopak velmi dobré.

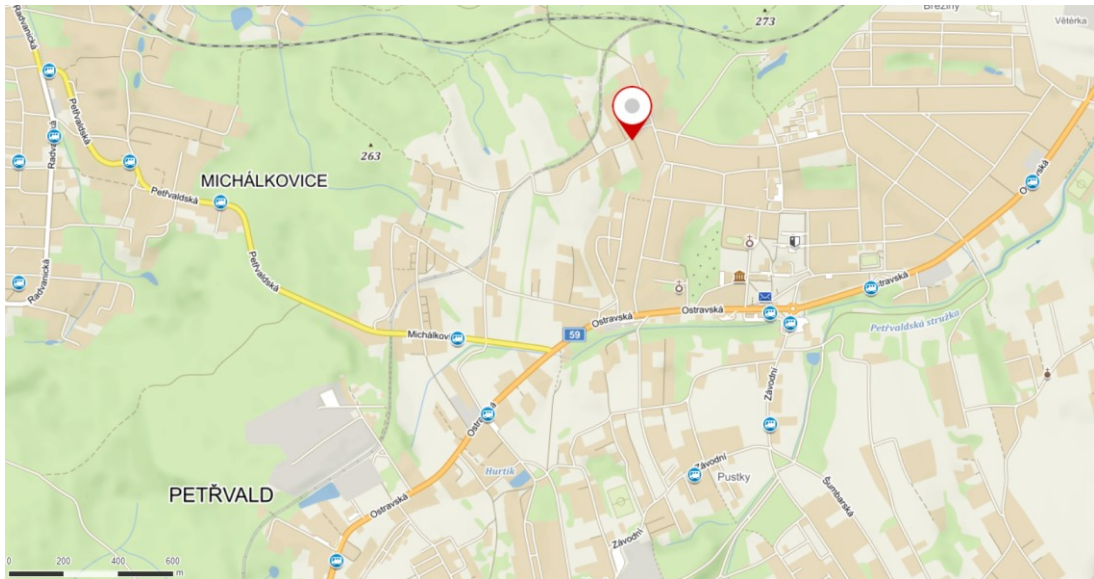
Vzorky byly odebírány ze všech odběrných míst do dvou a více sběrných nádob, které byly rozestavěny na pozemku dle možností po domluvě s majiteli. Po srážkách jsem vytvořila slévavý vzorek a zachycená voda byla odebrána do vzorkovnice. Odběry probíhaly všude obdobným způsobem. Po odebrání vzorku byla vzorkovnice dána do lednice a následně jsem provedla rozbor v laboratoři. Pro laboratorní rozbor jsem vždy potřebovala okolo 1 litru vzorku.

4.1 Odběrná místa a jejich charakteristika

V této podkapitole jsou popsána všechna odběrná místa, která jsem si zvolila. Celkem jsem si vybrala 6 odběrných míst, popisují také důvody, proč jsem si zvolila právě tyto místa a také co v konkrétním místě vidím jako největší zdroj znečištění. Součástí jsou výřezy z map, aby bylo zřejmé, jaké je nejbližší okolí odběrného místa a také fotografie, které ukazují pohled na odběrné místo nebo přímo způsob odběru do sběrné nádoby. Výsledky se v každém případě lišili, i když byly odebírány z jednoho města, ale z jeho různých částí. Výsledky z Ostravy – Staré Bělé vykazují naprosto rozdílné hodnoty u všech ukazatelů, než je tomu u Třineckých železáren – válcovny trub, které byly odebírány v Ostravě – Vítkovicích. [34]

4.1.1 Petřvald u Karviné

Prvním odběrným místem je Petřvald u Karviné, označovaný jako vzorek č. 1. Město leží v Moravskoslezském kraji nedaleko Karviné, sousedí s obcí Radvanice, které jsou médií označovány jako obec s trvale nejhorším stavem ovzduší na Ostravsku. Toto místo jsem zvolila, kvůli dobré dostupnosti k odběru vzorků a také mne zajímalo, zda má zdejší ovzduší opravdu tak negativní dopad i na srážkové vody, jako na zdraví obyvatel. V Petřvaldě jsem očekávala velmi špatné výsledky způsobené z důvodů existence více znečišťujících faktorů – od strany Karviné uhelná těžba na nedalekém dole OKD a.s., lokalita LAZY, ze strany Ostravy poměrně nedaleká činnost firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. Nemalé znečištění ovzduší zde proudí také z nedalekého Polska. Vzorek pochází z místa, které leží asi kilometr od hlavní frekventované silnice (obrázek 6). Pozemek odkud jsem vzorek odebírala, má po svém kraji silnici, která však není příliš frekventovaná.



obrázek 6 - odběrné místo č. 1

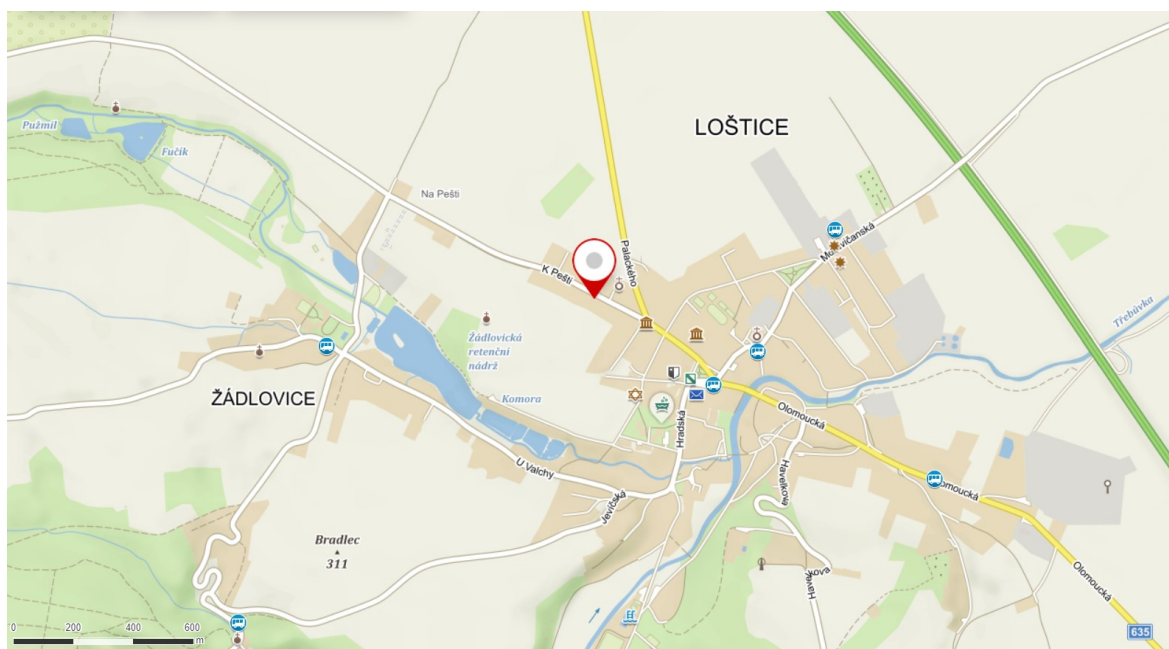


obrázek 7 - způsob odběru v Petřvaldě, (Rogozná, 2019)

V Petřvaldě jsem rozmístila 3 sběrné nádoby po krajích pozemku (obrázek 7).

4.1.2 Loštice

Odebíraný vzorek označený číslem 2 pocházel z obce Loštice ležící v Olomouckém kraji nedaleko Mohelnice. Jedná se o obec, která nemá v blízkosti žádnou velkou továrnu, avšak vede nedaleko dálnice D35, a to může mít negativní dopad na ovlivnění kvality srážek, protože dálnice vede právě okrajem obce (obrázek 8). Negativní vliv na kvalitu srážkových vod mohou mít také okolní rozsáhlá pole, pokud jsou hnojena – pak zde mohou očekávat vysoké koncentrace dusitanů a dusičnanů.



obrázek 8 - odběrné místo č. 2

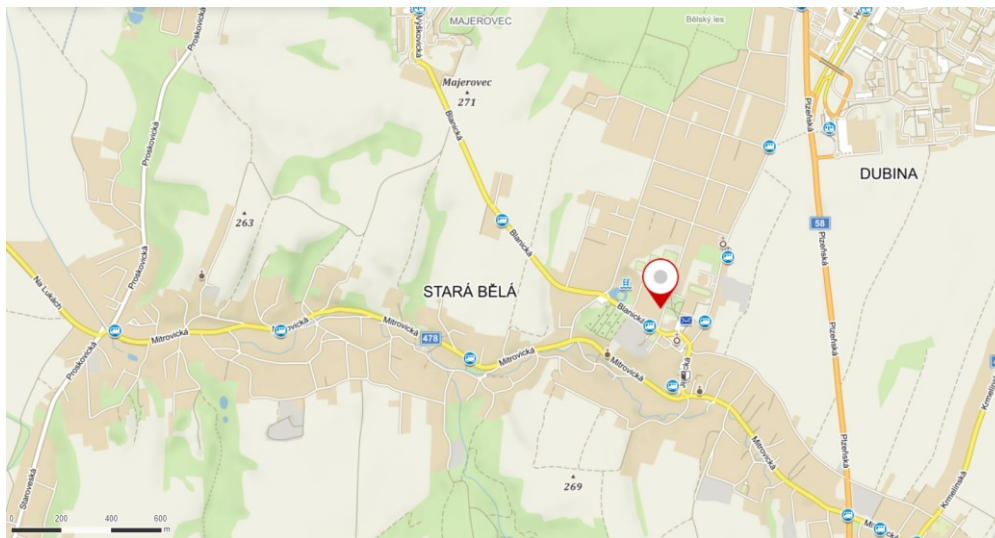
V Lošticích jsem na pozemek rozmístila 3 sběrné nádoby (obrázek 9).



obrázek 9 - pohled na způsob odběru v Lošticích, (Rogozná, 2019)

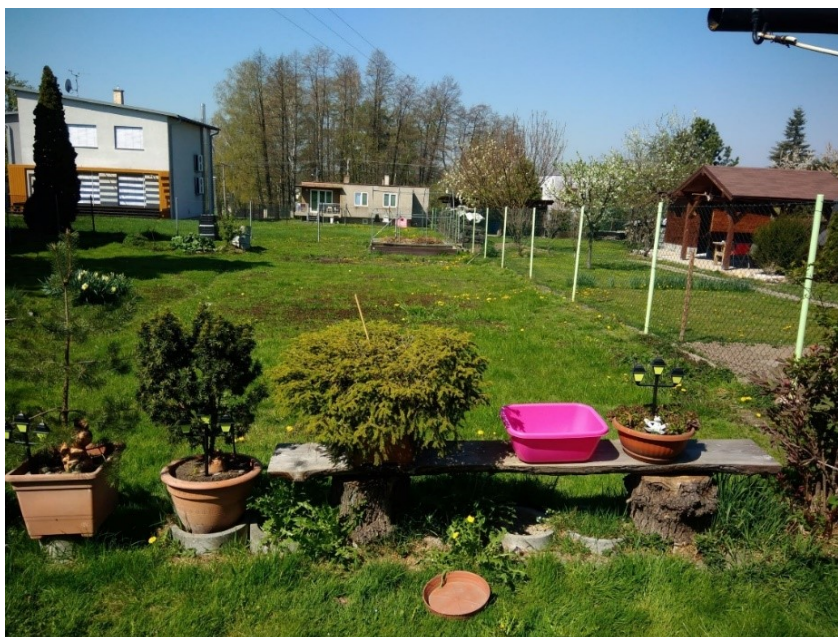
4.1.3 Ostrava – Stará Bělá

Číslem 3 jsem označila vzorky odebírané z Ostravy – Staré Bělé, obec spadá do městské části Ostrava – Jih. V okolí odběrného místa vede jedna poměrně frekventovaná cesta (obrázek 10), ale větším zdrojem znečištění může být Lenzing Biocel Paskov a.s., jehož zplodiny jdou v ovzduší při špatném směru větru i cítit. Dalšími zdroji zde může být rovněž jiný výrobce v oblasti těžkého průmyslu v Ostravě. Toto místo jsem zvolila, jelikož mě zajímá kvalita srážkových vod v místě, kde bydlím.



obrázek 10 - odběrné místo č. 3

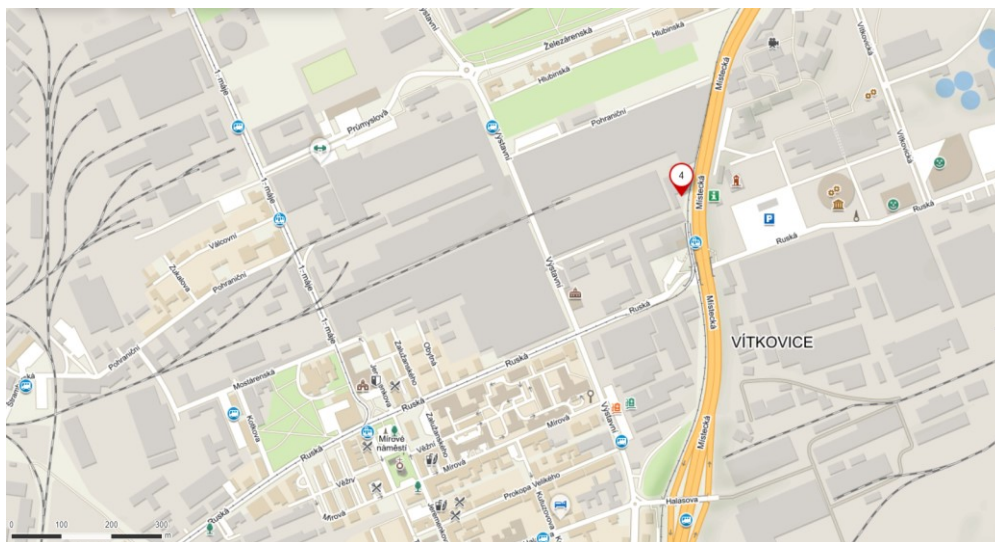
Ve Staré Bělé jsem umístila dvě sběrné nádoby (obrázek 11).



obrázek 11 - způsob odběru ve Staré Bělé, (Rogozná, 2019)

4.1.4 Třinecké železářny ve Vítkovicích

Vzorek přímo z oblasti dolních Vítkovic jsem označila číslem 4. Jde o poslední odběrné místo v Ostravě. Vzorek byl odebíráán ve Vítkovicích v areálu továrny Třineckých železáren – válcovny trub. Odběrné místo se nachází u frekventované rychlostní silnice označované jako „Místecká“ poblíž centra Ostravy (obrázek 12). Zde je znečištěním ovzduší nejen samotná továrna, ale také nedaleko ležící Vítkovické železářny. V tomto místě očekávám nejhorší koncentrace veškerých rozpuštěných i nerozpuštěných látek.



obrázek 12 - odběrné místo č. 4

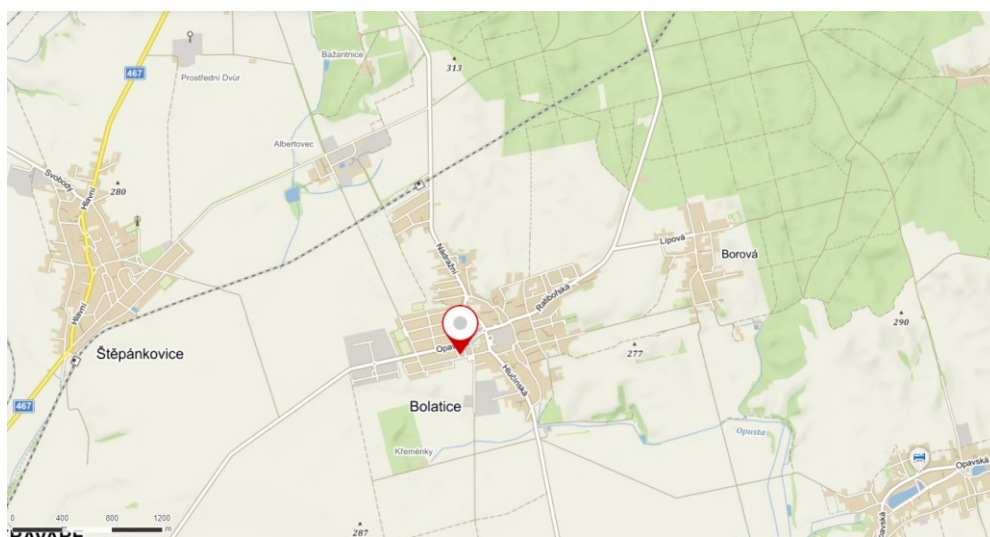
V areálu Třineckých železáren byly vzorky odebírány zaměstnancem Třineckých železáren a.s. Vzorky byly odebírány do 2 sběrných nádob (obrázek 13).



obrázek 13 - pohled na odběrné místo č. 4, (Rogozný, 2019)

4.1.5 Bolatice

Předposledním odběrným místem je obec Bolatice. Obec leží nedaleko Opavy. Přestože je vesnice malá (obrázek 14), dle mého názoru je zde poměrně nekvalitní prostředí, které může mít negativní dopad na kvalitu srážek. Zdejší znečištění ovzduší vzniká z lokálních topenišť a nemalé množství znečišťujících látek zde pochází také z nedalekého Polska. Obyvatelé obce Bolatice si ovzduší znečišťují z velké míry také sami. Dle vlastníka pozemku, kde jsem odebírala vzorky, zde lidé vše dělí na: „*nejde spálit, jde spálit, jde spálit v noci.*“ [35]



obrázek 14 - odběrné místo č. 5

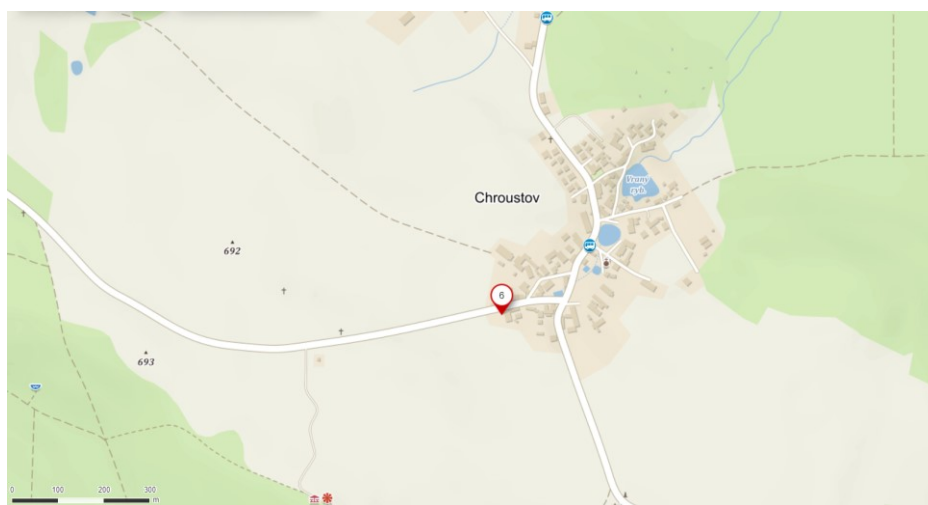
V Bolaticích byly odebrány jen dva vzorky, z důvodu znepřístupnění pozemku v čase mezi odběry, které byly provedeny (obrázek 15).



obrázek 15 - pohled na odběrné místo č. 5, (Rogozná, 2019)

4.1.6 Chroustov

Za poslední odběrné místo, pro srovnání rozdílů jsem zvolila malou obec v kraji Vysočina. Obec s názvem Chroustov spadá pod působnost obce Bohdalov, která leží poblíž Žďáru nad Sázavou. V blízkosti Chroustova může být zdrojem znečištění prostředí pouze podnik ŽĎAS a.s., a proto v tomto místě předpokládám nejčistší srážky s nejmenší koncentrací všech analyzovaných hodnot. Možné znečištění zde však podobně jako u obce Loštice mohou působit zemědělci svou činností na rozsáhlých polích v okolí odběrného místa (obrázek 16). Možné znečištění se může do Chroustova zanést ještě z Jihlavy, kde funguje továrna Bosch s.r.o.



obrázek 16 - odběrné místo č. 6

V Chroustově jsem měla jednu sběrnou nádobu na dvoře rodinného domku a druhou na poli, které je stále pozemkem přilehlým k rodinnému domu (obrázek 17).

V obci Chroustov byl odběr vzorků proveden pouze 2x, neboť zde bylo celé jaro téměř bez srážek.



obrázek 17 - způsob odběru v Chroustově, (Rogozná, 2019)

4.2 Srovnání analyzovaných hodnot

Naměřené hodnoty srovnávám s ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu), která určuje jakost vod a je rozdělena do 3 tříd. Dle této ČSN je k užívání vody pro závlahové účely možno použít vody povrchové a podzemní nebo také jinak upravené vody, které vyhovují kritériím uvedeným v normě. K užívání vody pro závlahu stanovuje zákon o vodách nutnost povolení vodohospodářského orgánu. Pro závlahu může být použita voda, která neovlivní negativně zdravotní stav lidí a zvířat. Voda pro závlahové účely nesmí mít negativní dopad na jakost povrchových a podzemních vod nebo jiné složky životního prostředí, neovlivní výši výnosů či kvalitu plodin nebo půdní vlastnosti. [36]

V ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) jsou vody pro závlahy děleny do těchto tříd:

- I. třída – vody vhodné k závlaze

Tato voda je vhodná k závlaze veškerých zemědělských a lesních kultur bez omezení.

- II. třída – vody podmíněně vhodné k závlaze

Tato třída vody je vhodná k závlaze, avšak po určitém procesu úpravy.

- III. třída – vody nevhodné k závlaze

Tato voda již není vhodná k závlahovým účelům. [36]

tabulka 5 - hodnoty stanovené v ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu)

Chemické ukazatele	Jednotka	I. třída jakosti	II. třída jakosti	III. třída jakosti
pH	-	5 až 8,5	4,5 až 9	<4,5 a >9
RL	mg/l	800	1200	>1200
Chloridy	mg/l	300	400	>400
Sírany	mg/l	250	300	>300
Kadmium	mg/l	0,01	0,02	>0,02
Kobalt	mg/l	0,5	1	>1
Chrom veškerý	mg/l	0,2	0,5	>0,5
Měď	mg/l	0,5	2	>2
Nikl	mg/l	0,1	0,2	>0,2
Olovo	mg/l	0,05	0,1	>0,1

4.3 Stanovení jednotlivých hodnot v laboratoři

V laboratoři jsem stanovovala ukazatele pH, konduktivitu, zákal, dusitany, dusičnany, amoniak, celkový dusík, CHSK_{Mn}, chloridy, sírany, VL, RL, NL. Kovy byly stanoveny v laboratoři pomocí metody AAS (kadmium, kobalt, chrom, nikl, měď, olovo). U analyzovaných vzorků (pH, chloridy, sírany, RL, kadmium, kobalt, chrom, nikl, měď, olovo) byly ukazatele stanovené normou zařazeny do jedné ze tří tříd kvality dle tabulky 5.

4.3.1 pH

pH je definováno jako záporný dekadický logaritmus aktivity oxonových kationtů. Hodnota pH je nejcitlivějším ukazatelem rovnovážného stavu ve vodách. Hodnota pH 7 je neutrální, vody a roztoky s pH nižším než 7 jsou kyselé, naopak roztoky s hodnotou vyšší než 7 označujeme jako zásadité. pH je důležitá veličina, která slouží k posouzení zásaditosti či kyselosti vody. V laboratoři jsem pH měřila potenciometricky, za pomoci multimetru. [27]

$$pH = -\log(a_{H_3O^+}) [37]$$

4.3.2 Konduktivita – vodivost

Konduktivita je definována jako převrácená hodnota elektrického odporu roztoku mezi dvěma platinovými elektrodami, jejíž jednotkou je Siemens na metr (S/m). Konduktivita neboli vodivost elektrického proudu ve vodě tkví v přítomnosti kationtů a aniontů uvolněných v průběhu disociace elektrolytů – kyseliny, zásady, soli. Pro měření konduktivity v laboratoři jsem použila multimetr (obrázek 18). [27]



obrázek 18 - multimetr, (Rogozná, 2018)

4.3.3 Zákal

Zákalem vody jsou myšleny nerozpuštěné látky, které jsou vodou unášeny. Jde o látky organické i anorganické. Zákal ve vodě při pomalém proudění sedimentuje na dně.

Pro měření zákalu jsem v laboratoři použila spektrometr (obrázek 19), který byl nastaven na vlnovou délku 560 nm a křemičitanovou kyvetu dlouhou 5 cm. [38]



obrázek 19 - změřený zákal z odběrného místa č. 1, (Rogozná, 2018)

tabulka 6 - tabulka stanovení pH, vodivosti a zákalu

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	pH	Konduktivita (mS/m)	Zákal (ZF)
Petřvald	1	12. 12. 2018	5,66	16,0	31,98
		5. 2. 2019	8,15	5,6	32,47
		1. 3. 2019	6,45	9,4	13,65
		16. 3. 2019	7	19,0	23,29
Loštice	2	5. 2. 2019	6,36	8,3	2,9
		22. 2. 2019	7,4	8,6	5,89
		1. 3. 2019	6,28	4,6	2,44
		1. 4. 2019	6,96	4,2	2,92
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	5,35	3,6	7,86
		12. 2. 2019	6,8	12,0	5,96
		1. 3. 2019	7,45	5,4	5,43
		16. 3. 2019	6,19	6,8	7,25
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	5,27	3,2	4,85
		4. 3. 2019	6,03	18,3	26,42
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	5,35	4,6	3,47
		1. 3. 2019	6,19	5,5	6,93
Chroustov	6	12. 12. 2018	5,47	2,1	1,34
		3. 4. 2019	6,54	13,0	2,08

Hodnota pH pro konkrétní třídu vody pro závlahu jsou uvedeny v tabulce 5.

ČSN 75 7143 neuvádí přípustnou míru zákalu ani konduktivity, přesto můžeme říci, že nejvyšší zákal byl obvykle vykázan v Petřvaldě (tabulka 6).

4.3.4 Veškeré látky

Stanovení veškerých látek zahrnuje látky rozpuštěné i nerozpuštěné. Vzorek se nalije do misky, a následně se dá odpařit do sušárny při teplotě 105°C. Postupným odpařováním zůstávají na skle misky zachyceny anorganické sloučeniny dle jejich přítomnosti ve vodě. [38]

$$VL_{105} = \frac{10^3 \times (m_2 - m_1)}{V_z} \text{ (g/l) [37]}$$

m_2 váha nálevky po vysušení vzorku

m_1 váha nálevky bez vzorku

V_z množství odebraného vzorku k vysušení (50 ml)

4.3.5 Nerozpuštěné látky

Nerozpuštěné látky jsou látky, které se zachytí na filtru 0,04 mm při filtraci za pomoci vývěvy. Poté se filtr se zachycenými nerozpuštěnými látkami umístí do petriho misky a nechá se vysušit v sušárně na 105°C. Při zvážení před analýzou a po analýze vidíme váhový rozdíl, který NL tvoří. [37]

$$NL_{105} = \frac{10^3 \times (m_2 - m_1)}{V_z} \text{ (g/l) [37]}$$

m_2 váha petriho misky s filtrem a vzorkem po vysušení vzorku

m_1 váha petriho misky bez vzorku

V_z množství odebraného vzorku k vysušení (100 ml)

4.3.6 Rozpuštěné látky

Stanovení rozpuštěných látek jsem ve své práci prováděla pouze z výpočtu VL-NL.

$$RL_{105} = VL_{105} - NL_{105} \text{ (g/l) [37]}$$

VL₁₀₅ veškeré látky zahříváné při 105°C

NL₁₀₅ nerozpuštěné látky zahříváné při 105°C

Výsledky VL, NL, RL vyšly v g/l a byly převedeny na mg/l. Převod je takový, že 1 g/l = 1 000 mg/l.

tabulka 7 - množství veškerých, nerozpuštěných, rozpuštěných látek

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace veškerých látek (mg/l)	Koncentrace nerozpuštěných látek (mg/l)	Koncentrace rozpuštěných látek (mg/l)
Petřvald	1	12.12.2018	0,034	0,026	0,008
		05.02.2019	0,016	0,004	0,012
		01.03.2019	0,144	0,049	0,095
		16.03.2019	0,192	0,08	0,112
Loštice	2	05.02.2019	0,054	0,004	0,05
		22.02.2019	0,082	0,008	0,074
		01.03.2019	0,056	0,012	0,044
		01. 04. 2019	0,016	0,006	0,01
Stará Bělá	3	30.01.2019	0,024	0,003	0,021
		12.02.2019	0,024	0,02	0,004
		01.03.2019	0,05	0,002	0,048
		16.03.2019	0,074	0,005	0,069
Třinecké železářny	4	07.02.2019	0,024	0,003	0,021
		04.03.2019	0,052	0,030	0,022
Bolatice u Opavy	5	12.12.2018	0,01	0,002	0,008
		01.03.2019	0,05	0,011	0,039
Chroustov	6	12.12.2018	0,003	0,001	0,002
		03.04.2019	0,04	0,005	0,035

ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) udává, že I. třída vody by měla obsahovat maximálně 800 mg/l rozpuštěných látek, což všechny vzorky splňují (tabulka 7). [36]

Veškeré látky a nerozpuštěné látky nejsou stanoveny v normě.

4.3.7 Chloridy

Chloridy jsou přítomny ve všech vodách běžně v množství od 10 do 100mg/l. Mořská voda obsahuje mnohdy i více než 30mg/l chloridů ve formě NaCl. Chloridy se obvykle vyskytují z průmyslové činnosti, umělým zdrojem jsou zvláště v zimním období splachy z vozovek. Stanovení chloridů jsem v laboratoři prováděla argentometrickou metodou, titrací pomocí AgNO₃. [5] [27]

Hodnoty v tabulce byly vypočteny dle rovnic:

$$C_{Cl} = \frac{C_{(AgNO_3)} \times (V_t - V_{sl}) \times f_t \times 10^3}{V_{vz}} \quad (mmol/l) \quad [37]$$

C_(AgNO₃)...koncentrace odměrného roztoku AgNO₃ (0,05 mol/l)

V_t spotřeba odměrného roztoku AgNO₃ na titraci vzorku v ml

V_{sl} spotřeba odměrného roztoku AgNO₃ na titraci slepého stanovení

V_{vz} objem vzorku použitý pro stanovení v ml

f_t titrační přepočítávací faktor pro argentometrické stanovení roztoků (1)

$$Cm_{Cl} = C_{Cl} \times M_{Cl} \quad (mg/l) \quad [37]$$

C_{Cl} koncentrace chloridů

M_{Cl} 35,453 g/mol

tabulka 8 - koncentrace chloridů

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace chloridů (mg/l)
Petřvald	1	12.12.2018	5,32
		05.02.2019	1,06
		01.03.2019	3,19
		16.03.2019	2,30
Loštice	2	05.02.2019	7,80
		22.02.2019	2,13
		01.03.2019	1,42
		01.04.2019	3,19
Stará Bělá	3	30.01.2019	1,06
		12.02.2019	1,77
		01.03.2019	3,90
		16.03.2019	0,89
Třinecké železářny	4	07.02.2019	0,53
		04.03.2019	9,22
Bolatice u Opavy	5	12.12.2018	6,91
		01.03.2019	3,19
Chroustov	6	12.12.2018	0,53
		03.04.2019	2,30

ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) uvádí, že I. třída jakosti vody pro závlahu je do 300 mg/l chloridů, což splňují všechny vzorky (tabulka 8). [36]

4.3.8 Sírany

Sírany jsou obsaženy ve všech typech vod v koncentraci od 5 do 200mg/l. Sírany ovlivňují senzorické vlastnosti vody a také působí agresivně na beton. Vody s vyšším obsahem síranů mívají projímavé účinky. Sírany jsem v laboratoři měřila metodou stanovení spektrofotometricky rychlotestem, za užití látky SulfaVer 4 měřením na spektrofotometru o vlnové délce 450 nm v 25 ml kyvetě. [5] [27] [37]

tabulka 9 - koncentrace síranů

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace síranů (mg/l)
Petřvald	1	12.12.2018	50
		05.02.2019	6,17
		01.03.2019	18
		16.03.2019	46
Loštice	2	05.02.2019	32,74
		22.02.2019	9
		01.03.2019	5
		01.04.2019	1
Stará Bělá	3	30.01.2019	7,49
		12.02.2019	14
		01.03.2019	5
		16.03.2019	7
Třinecké železářny	4	07.02.2019	12,86
		04.03.2019	26
Bolatice u Opavy	5	12.12.2018	11,02
		01.03.2019	4
Chroustov	6	12.12.2018	5,97
		03.04.2019	4

ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) udává normu pro I. třídu jakosti vody pro závlahu do 250 mg/l, což splňují všechny vzorky (tabulka 9). [36]

4.4 Rozbory AAS

Rozbory AAS (atomové absorpční spektrometrie) byly prováděny v laboratoři Katedry enviromentálního inženýrství. Jedná se o spektrometrickou analytickou metodu, která slouží ke stanovení významných, ale také stopových koncentrací prvků v roztoku. Metodou AAS lze stanovit přes 60 prvků z periodické tabulky prvků. Roztok vzorku se zmlží, vznikne aerosol a ten je veden do plamene. V plamenu se roztok odpaří a rozruší tak své chemické vazby v molekulách sloučenin, které obsahuje. [40]

Touto metodou byly stanoveny ve vzorcích vod: kadmium, kobalt, chrom, nikl, měď a olovo.

4.4.1 Kadmium

Kadmium doprovází často zinek ve vodách, ale v menších koncentracích. Kadmium je kumulativním kovem, který zesiluje toxické účinky kovů jiných jako je Zinek nebo měď. Kadmium i jeho sloučeniny jsou silně toxické. Do atmosféry proniká především ze zpracování rud, které kadmium obsahují. Velkým zdrojem kadmia jsou také fosforečnanová hnojiva či kaly, které bývaly v zemědělství používány. [5] [27]

4.4.2 Kobalt

Kobalt v přírodě doprovází arsen a nikl. Vyskytuje se v minerálech jako je kobaltin (CoAsS) a smaltin (CoAs_2). Zdrojem kobaltu mohou být kaly z biologického čištění odpadních vod, odpadní vody z metalurgického průmyslu nebo galvanického pokovování. Kobalt se uplatňuje i v keramickém a sklářském či chemickém průmyslu. Kobalt je v přírodních vodách obsažen ve stopových množstvích. Obsah kobaltu v přírodních vodách je mezi 0,1 a 1,0 $\mu\text{g/l}$. [5] [27]

4.4.3 Chrom

Chrom v přírodě existuje ve formě minerálů jako je chromit (FeCr_2O_4), krokoit (PbCrO_4) a v minerálech, které obsahují hliník, jenž často chrom doprovází. Zdrojem chromu z lidské činnosti jsou odpadní vody tekoucí ze závodu barevné metalurgie či povrchové úpravy kovů. Zdroj chromu je také kožedělný průmysl (chromočinění) nebo textilní průmysl, pokud je chrom použit v barvicích lázních. Chrom je ve vodách v oxidačním čísle III (nejstabilnější forma Cr) či VI. Z hlediska toxicity je Cr v oxidačním stupni VI mnohem škodlivější než ve stupni III. V mořské vodě je chrom z 25 – 45 %, především jako vázaný Cr^{VI} . [5] [27]

4.4.4 Nikl

Nikl existuje v minerálech nejčastěji společně se sírou, antimonem nebo arsenem. Minerály obsahující nikl jsou například pyrrhotin, garnierit, millerit (NiS), nikelin (NiAs), gersdorfit (NiAsS). Antropogenní zdroj niklu jsou odpady z povrchové úpravy kovů, v těchto vodách je převážně komplexně vázán. Zdrojem jsou také odpadní vody z barevné metalurgie. Nikl je využíván ve sklářském a keramickém průmyslu. Do vody se může dostat také z rozvodných sítí, kde se poniklované části zařízení setkávají s vodou. Nikl není pro člověka zvláště toxický, ale řadí se mezi potenciální karcinogeny. Voda pitná a kojenecká určuje hranici 0,02 mg/l . [5] [27]

4.4.5 Měď

Měď nalezneme v přírodních vodách rozpuštěnou i nerozpuštěnou, nejčastěji ve formě sulfidů jako je chalkopyrit (CuFeS_2), významné jsou také malachit a azurit. Zdroj znečištění mědi může být antropogenního původu například odpadní vody z povrchové úpravy kovů. Měď se dávkuje proti nadměrné tvorbě řas či sinic. V pitné vodě nalezneme měď, která se uvolní z vodovodního potrubí kvůli agresivnímu působení vody. Další zdroj znečištění mědi ve spadlých srážkových vodách mohou být hutní závody, či stékání vody po měděných střechách či okapech. Měď je stopový prvek, který je pro lidský organizmus důležitý. Koncentrace mezi 1 až 5 mg/l mědi dávají vodě nepříjemnou chuť a sloučeniny mědi jsou vysoce toxické pro ryby a jiné mikroorganismy. [5] [27]

4.4.6 Olovo

Olovo se nachází v přírodních vodách ve formě rozpuštěné i nerozpuštěné. Olovo se vyskytuje především ve vodách podzemních, v místech, kde se nacházejí olověné rudy například Galenit. Do vody se může dostávat také koroze olověného potrubí, které slouží k dopravě vody. Atmosférické vody bývají olovem značně znečištěné, především z výfukových plynů. Přítomnost olova ve vodách má velký negativní vliv, může vést i k chronické otravě. Rovněž má obsah olova ve vodách nepříznivý vliv na samočištění vody v tocích. V obsahu 2,5 - 5,0 mg/l je toxické pro mikroorganismy, které se podílejí na čištění odpadních vod. [5] [27]

Veronika Rogozná: Vliv prostředí na kvalitu srážkových vod

tabulka 10 - koncentrace vybraných látek

Stanovení AAS								
Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Cd (mg/l)	Co (mg/l)	Cr (mg/l)	Ni (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)
Petrvald	1	12.12.2018	0,000422	0,0093	0,00273	0,00925	0,007	0,00112
		05.02.2019	0,00004	0,00007	0,00044	0,00078	0,00658	0,00095
		01.03.2019	0,00007	0,00016	0,00057	0,00099	0,00432	0,00251
		16.03.2019	0,00017	0,00083	0,00099	0,00178	0,00621	0,00058
Loštice	2	05.02.2019	0,00005	0,00133	0,00076	0,0013	0,00262	0,00024
		22.02.2019	0,000452	0,00985	0,00302	0,00967	0,00753	0,00115
		01.03.2019	0,00005	0,00403	0,0019	0,00166	0,00869	0,00222
		01.04.2019	0,00004	0,00563	0,0024	0,00197	0,00833	0,00096
Stará Bělá	3	30.01.2019	0,00004	0,00017	0,00058	0,00094	0,0033	0,00037
		12.02.2019	0,00009	0,00148	0,00058	0,0047	0,0152	0,00066
		01.03.2019	0,00005	0,00032	0,00057	0,0013	0,0048	0,00048
		16.03.2019	0,00005	0,00014	0,00056	0,00128	0,00558	0,00054
Třinecké železářny	4	07.02.2019	0,000155	0,00042	0,00064	0,00267	0,00478	0,00293
		04.03.2019	0,00044	0,0006	0,00331	0,00711	0,0553	0,00513
Bolatice u Opavy	5	12.12.2018	0,00003	0,00004	0,00048	0,00056	0,00354	0,00024
		01.03.2019	0,00005	<0,0001	0,00029	<0,0005	0,00456	0,00924
Chroustov	6	12.12.2018	0,00002	0,00002	0,00045	0,0007	0,00455	0,00044
		03.04.2019	<0,0005	<0,0001	0,00089	<0,0005	0,00203	<0,0001

Všechny hodnoty v tabulce 10 se řadí do I. třídy jakosti dle ČSN 75 7143.

ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) uvádí tyto hodnoty:

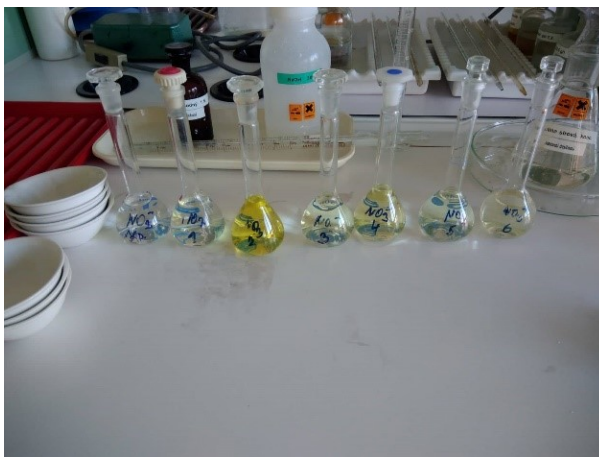
- Kadmium do 0,01 mg/l – splňují všechny vzorky.
- Kobalt do 0,5 mg/l - splňují všechny vzorky.
- Chrom do 0,2 mg/l - splňují všechny vzorky.
- Nikl do 0,1 mg/l - splňují všechny vzorky.
- Měď do 0,5 mg/l - splňují všechny vzorky.
- Olovo do 0,05 mg/l - splňují všechny vzorky. [36]

4.5 Látky stanovené v laboratoři, neudávané v ČSN 75 7143

Norma ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu) nestanovuje míru dusičnanů, dusitanů, CHSK_{Mn} , celkový dusík ani amoniakální dusík. Přesto jsem tyto ukazatele v laboratoři stanovovala, neboť mě zajímal obsah těchto látek ve vzorcích.

4.5.1 Dusičnany

Dusičnany jsou ve všech vodách přítomny v nízkých koncentracích. Ve vodách podzemních a povrchových se vyskytují v jednotkách mg/l, avšak koncentrace dusičnanů se zvyšuje ve vodách, které byly použity v zemědělství – především z hnojiv. Dusík, pocházející z hnojiv průmyslových je hlavním zdrojem anorganického dusíku ve vodách povrchových. Dusík obsažený ve vodách často podporuje eutrofizaci (růst řas). Pro měření dusičnanů jsem v laboratoři použila spektrofotometr nastavený na vlnovou délku 415 nm a křemičitanovou 1 cm kyvetu. Již ze zbarvení vzorku po přidání chemikálií můžeme hádat, který vzorek má nejvyšší koncentraci dusičnanů (obrázek 20). [5] [27]



obrázek 20 - analýza obsahu dusičnanů vzorky 1-6, (Rogozná, 2019)

tabulka 11 - koncentrace dusičnanů a dusičnanového dusíku

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace dusičnanů (mg/l)	Dusičnanový dusík (N-NO ₃ ⁻) (mg/l)
Petrvald	1	12. 12. 2018	1,5	0,339
		5. 2. 2019	0,3	0,068
		1. 3. 2019	7,6	1,717
		16. 3. 2019	6,8	1,536
Loštice	2	5. 2. 2019	8,2	1,852
		22. 2. 2019	8,5	1,920
		1. 3. 2019	4,2	0,949
		1. 4. 2019	1,3	0,294
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	2	0,452
		12. 2. 2019	6,6	1,491
		1. 3. 2019	3,3	0,745
		16. 3. 2019	5	1,130
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	1,7	0,384
		4. 3. 2019	22,4	5,060
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	0,8	0,181
		1. 3. 2019	4,7	1,062
Chroustov	6	12. 12. 2018	1,5	0,339
		3. 4. 2019	0,05	0,011

Přepočet na dusičnanový dusík jsem prováděla podle této rovnice:

$$N - NO_3^- = cNO_3^- \times 0,2259 \text{ (mg/l)} \quad [37]$$

$N - NO_3^-$ dusičnanový dusík

cNO_3^- koncentrace dusičnanů

Koncentrace dusičnanů ani dusičnanového dusíku není v normě vymezena, můžeme však říct, že nejvyšší koncentrace dusičnanů byla v Třineckých železárnách z odběru 4. 3. 2019, jak ukazuje tabulka 11.

4.5.2 Dusitany

Dusitany jsou podstatně škodlivější než dusičnany. Dusitany v lidském těle poškozují hemoglobin, zodpovídá za transport kyslíku v krvi. Může tak dojít k methemoglobinémii, která se projevuje obrnou, dušností, křečemi či bezvědomím a může vést až ke smrti člověka. Nejohroženější jsou děti do 6ti měsíců věku. Podobně jako u dusičnanů, vzorky s nejvyšší koncentrací dusitanů mají nejvýraznější barvu (obrázek 21). [5] [27]



obrázek 21 - měření dusitanů ve vzorcích, (Rogozná, 2019)

tabulka 12 - koncentrace dusitanů a dusitanového dusíku

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace dusitanů (mg/l)	Dusitanový dusík (N-NO ₂ ⁻) (mg/l)
Petrvald	1	12. 12. 2018	0,16	0,049
		5. 2. 2019	0,03	0,009
		1. 3. 2019	0,39	0,119
		16. 3. 2019	1,4	0,426
Loštice	2	5. 2. 2019	0,34	0,104
		22. 2. 2019	0,44	0,134
		1. 3. 2019	0,34	0,104
		1. 4. 2019	0,2	0,061
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	0,03	0,009
		12. 2. 2019	0,17	0,052
		1. 3. 2019	0,05	0,015
		16. 3. 2019	0,07	0,021
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	0,005	0,002
		4. 3. 2019	0,25	0,076
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	0,03	0,009
		1. 3. 2019	0,09	0,027
Chroustov	6	12. 12. 2018	0,02	0,006
		3. 4. 2019	0,03	0,009

Přepočet na dusitanový dusík jsem prováděla podle této rovnice:

$$N - NO_2^- = cNO_2^- \times 0,3045 \text{ (mg/l) [37]}$$

N-NO₂⁻ dusitanový dusík

cNO₂⁻ koncentrace dusitanů

Koncentrace dusitanů ani dusitanového dusíku není v normě vymezena (tabulka 12).

4.5.3 Amoniakální dusík

Amoniakální dusík je ve vodě atmosférické, podzemní i povrchové obsažen v desetinách mg/l. Dostává se do srážkových vod uvolněním při rozkladu organické hmoty a také uniká z hnojiv nebo živočišných exkrementů. Ionty Amoniaků jsou v pitných vodách indikátorem znečištění, často zvířecími či lidskými výkaly, které mohou obsahovat nebezpečné choroboplodné zárodky. Amoniak jsem laboratorně stanovovala na spektrofotometru s vlnovou délkou 425 nm v 5 cm křemičitanové kyvetě. [5] [27]

tabulka 13 - koncentrace amoniaku a amoniakálního dusíku

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace amoniaku (mg/l)	Amoniakální dusík (N-NH ₄ ⁺) (mg/l)
Petrůvald	1	12. 12. 2018	3,11	2,415
		5. 2. 2019	0,16	0,124
		1. 3. 2019	2,24	1,739
		16. 3. 2019	4,03	3,129
Loštice	2	5. 2. 2019	0,37	0,287
		22. 2. 2019	0,74	0,575
		1. 3. 2019	0,16	0,124
		1. 4. 2019	0,20	0,155
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	0,23	0,179
		12. 2. 2019	0,06	0,047
		1. 3. 2019	0,97	0,753
		16. 3. 2019	1,45	1,126
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	0,68	0,528
		4. 3. 2019	0,03	0,023
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	0,14	0,109
		1. 3. 2019	3,04	2,361
Chroustov	6	12. 12. 2018	0,08	0,062
		3. 4. 2019	0,1	0,078

Přepočet na amoniakální dusík jsem prováděla podle této rovnice:

$$N - NH_4^+ = cNH_4^+ \times 0,7765 \text{ (mg/l) [37]}$$

N-NH₄⁺ amoniakální dusík

cNH₄⁺ koncentrace amoniaku

Koncentrace amoniaku, ani amoniakálního dusíku není v normě vymezena (tabulka 13).

4.5.4 Celkový dusík

Jedná se o součet všech výše analyzovaných druhů dusíku, respektive jejich přepočet na dusitanový dusík, dusičnanový dusík a amoniakální dusík.

tabulka 14 - koncentrace celkového dusíku

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace celkového dusíku (mg/l)
Petrůvald	1	12. 12. 2018	2,803
		5. 2. 2019	0,201
		1. 3. 2019	3,575
		16. 3. 2019	5,091
Loštice	2	5. 2. 2019	2,243
		22. 2. 2019	2,629
		1. 3. 2019	1,177
		1. 4. 2019	0,510
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	0,640
		12. 2. 2019	1,590
		1. 3. 2019	1,513
		16. 3. 2019	2,277
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	0,914
		4. 3. 2019	5,159
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	0,299
		1. 3. 2019	3,450
Chroustov	6	12. 12. 2018	0,407
		3. 4. 2019	0,098

Výpočet celkového dusíku jsem prováděla podle této rovnice:

$$N_{celk.} = N - NH_4^+ + N - NO_2^- + N - NO_3^- \text{ (mg/l) [37]}$$

$N_{celk.}$ koncentrace celkového dusíku

$N - NH_4^+$ koncentrace amoniakálního dusíku

$N - NO_2^-$ koncentrace dusitanového dusíku

$N - NO_3^-$ koncentrace dusičnanového dusíku

Celková koncentrace dusíku není v normě vymezena, mohu však konstatovat, že nejvyšší koncentrace celkového dusíku byla v odběru z Třineckých železáren ze dne 4. 3. 2019 (tabulka 14).

4.5.5 Chemická spotřeba kyslíku, stanovená manganistanem draselným

CHSK je spotřeba kyslíku, potřebná k oxidaci všech látek obsažených ve vodě. Jedná se o stanovení míry znečištění vody látkami organickými a oxidovatelnými anorganickými látkami. Pro stanovení CHSK_{Mn} v laboratoři jsem použila metodu titrací Manganistanem draselným. Výsledná hodnota udává množství látek v litru vody, které ke své oxidaci spotřebují určité množství kyslíku. [27]

tabulka 15 - chemická spotřeba kyslíku

Odběrné místo	Číslo vzorku	Datum	Koncentrace látek způsobující CHSK_{Mn} (mg/l)
Petrvald	1	12. 12. 2018	13,18
		5. 2. 2019	9,36
		1. 3. 2019	14,73
		16. 3. 2019	25,65
Loštice	2	5. 2. 2019	6,8
		22. 2. 2019	11,92
		1. 3. 2019	6,37
		1. 4. 2019	3,4
Stará Bělá	3	30. 1. 2019	18,78
		12. 2. 2019	24,2
		1. 3. 2019	12,48
		16. 3. 2019	23,05
Třinecké železářny	4	7. 2. 2019	22
		4. 3. 2019	37
Bolatice u Opavy	5	12.12. 2018	0,07
		1. 3. 2019	8,23
Chroustov	6	12. 12. 2018	0,68
		3. 4. 2019	2,29

CHSK_{Mn} není v normě vymezena, hodnoty nalezneme výše - (tabulka 15).

5 ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo vyhodnotit vliv prostředí na kvalitu srážkových vod ve vybraných lokalitách. K vyhodnocení byly vybrány charakteristiky pH, konduktivitu, zákal, dusitany, dusičnany, amoniakální dusík, celkový dusík, CHSK_{Mn} , chloridy, sírany, VL, NL, RL, kadmium, kobalt, chrom, nikl, měď a olovo.

Z odebraných a následně vyhodnocení naměřených výsledků je patrné, že zachycená srážková voda v parametrech pH, chloridy, sírany, RL, kadmium, kobalt, chrom, nikl, měď a olovo, ve všech případech odpovídala třídě I. ČSN 75 7143 (Jakost vod pro závlahu). Můžeme tedy říci, že tato voda je vhodná k závlaze veškerých zemědělských a lesních kultur bez omezení.

Z pohledu koncentrace rozpuštěných látek mohou říci, že nejvyšší hmotnost vykazují vzorky z Petřvaldu (16. 3. 2019 - 0,112 mg/l), oproti tomuto nejmenší koncentrace je ve vzorcích z Chroustova.

Nejvyšší koncentrace chloridů nalezneme ve vzorcích z Třineckých železáren, kde hodnota dosahuje 9,22 mg/l, zdaleka nejlépe ve srovnání hodnot v tabulkách na tom nejsou ani Bolatice s koncentrací 6,91 mg/l. Nejlepší výsledek vykazuje opět Chroustov s koncentrací 0,53 mg/l.

Nejvyšší koncentraci síranů nalezneme v odběru z 12. 12. 2018 z Petřvaldu, kde najdeme koncentraci 50 mg/l a nejméně nalezneme v Lošticích z odběru 1. 4. 2019, kde je 1 mg/l.

Rozbory kovů (kadmium, kobalt, nikl, měď, chrom a olovo), byly stanoveny metodou AAS. Ve všech měřeních odpovídala třídě I. ČSN 75 7143 (Jakost vod pro závlahu). Nejvyšší hodnoty naměření v Petřvaldě (12.12.2018 – 0,00925 mg/l Ni) v Lošticích (22.2.2019 – 0,00967 mg/l Ni) a v Třineckých železárnách (4.3.2019 – 0,0553 mg/l Cu). Znečištění je ovlivněno prostředím.

Konduktivita, zákal, chemická spotřeba kyslíku, dusitany, dusičnany, celkový dusík a amoniakální dusík nejsou v normě (Jakost vod pro závlahu) určeny. Přesto mě zajímalo, jak jejich hodnoty ve srážkových vodách ovlivňuje prostředí.

Co se týče vyhodnocení parametrů (CHSK_{Mn} , konduktivita, zákal, dusitany, dusičnany, amoniakální dusík, celkový dusík), které se v ČSN 75 7143 (Jakost vod pro závlahu) nenachází, a přesto jsem je stanovovala. Zajímalo mě, jaký může mít prostředí vliv i na tyto parametry. prostředí může i tyto parametry ovlivnit.

Konduktivita je velmi nízká a hodnoty zákalu mohou být způsobeny prachovými částicemi, pyly a poletavým prachem.

Z hlediska dusičnanů dopadly nejhůře Třinecké železářny, a.s. (4. 3. 2019 - 5,06 mg/l). Hodnoty amoniakálního dusíku mají nejhorší koncentraci v Petřvaldě (16.3 2019 – 3,129 mg/l). Hodnoty dusitanů vykazují nejvyšší koncentraci v Petřvaldě (0,426 mg/l). Naopak nejlepší výsledky vykazuje obec Chroustov na Vysočině.

Lokality s největší koncentrací celkového dusíku, při vybrání největší koncentrace z každého vzorku z daného místa, jsou: Třinecké železářny, a.s. (5,159 mg/l), Petřvald

(5,091 mg/l), Bolatice (3,450 mg/l), Loštice (2,629 mg/l), Stará Bělá (2,277 mg/l), a nejnižší výsledky vykazuje Chroustov (0,407 mg/l).

Největší chemickou spotřebu kyslíku vykazují vzorky odebrané z Třineckých železáren, a.s. (37 mg/l), Stará Bělá má koncentraci mezi 12 – 24 mg/l, oproti tomu nejmenší koncentrace látek způsobujících chemickou spotřebu kyslíku je v Bolaticích – 0,07 mg/l.

Celkový dusík se do ovzduší dostává ze spalovacích procesů oxidu dusíku (fosilní paliva). Proto je jeho zvýšené koncentrace, obzvláště v topné sezoně a v období inverzí. Hodnoty CHSK_{Mn}, mohou být zatíženy chybou při špatné manipulaci s odběrnými nádobami a chybou měření v laboratoři.

Můžeme říci, že je patrný vliv průmyslových a městských oblastí na kvalitu srážkových vod. Oblast Petřvald a Třinecké železářny, a.s. patří mezi nejvíce znečištěné.

Petřvald u Karviné, je medii označován jako obec s trvale nejhorším stavem ovzduší na Ostravsku. Velmi špatné vliv na kvalitu vody zde má od strany Karviné uhelná těžba na nedalekém dole OKD a.s. (lokalita LAZY) a ze strany Ostravy poměrně nedaleká činnost firmy ArcelorMittal Ostrava a.s. Nemale znečištění ovzduší zde proudí také z nedalekého Polska a z nedaleké silnice.

Třinecké železářny, a.s. – konkrétně válcovna trub v oblasti dolních Vítkovic. Zde je znečištěním ovzduší nejen samotná továrna, ale také nedaleko ležící Vítkovické železářny, frekventovaná komunikace a samotné centrum města Ostrava. V tomto místě očekávám nejhorší koncentrace veškerých, rozpuštěných a nerozpuštěných látek. Mohu konstatovat, že se mi má domněnka potvrdila.

Naopak oblast Chroustov je z vybraných lokalit nejčistší ve většině sledovaných ukazatelích. Malá obec v kraji Vysočina s názvem Chroustov v její blízkosti může být zdrojem znečištění pouze podnik ŽŽAS a.s. V tomto místě jsem předpokládala nejčistší srážkové vody, což se mi i potvrdilo.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] PhysicalGeography.net: Physical Properties of Water [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8a.html?fbclid=IwAR0kMMg4B806DIwWumGBNAQDU_Al0L2LboI_3CCSMgGvI_ggoywFs8dxUmY
- [2] Atmosférické srážky [online], [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydrology/vyuka/HYL/data/AHL-03.pdf>
- [3] KOPÁČEK, Jaroslav a Jan BEDNÁŘ. Jak vzniká počasí. Praha: Karolinum, 2005. ISBN 80-246-1002-7
- [4] Meteo Aktuality - Počasí odborně a seriózně [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <https://pocasimeteoaktuality.wordpress.com/meteorologie/atmosfericke-srazky/>
- [5] HLAVÍNEK, Petr a Jaromír ŘÍHA. Jakost vody v povodí. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. Učební texty vysokých škol (Vysoké učení technické v Brně). ISBN 80-214-2815-5
- [6] Novinky.cz: Atmosférické srážky [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://tema.novinky.cz/atmosfericke-srazky>
- [7] METEOPRESS: Jak vznikají sněhové vločky? [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné také z: <https://www.meteopress.cz/vysvetleni/jak-vznikaji-snehove-vlocky/>
- [8] ŘEZÁČOVÁ, Daniela. Fyzika oblaků a srážek. Praha: Academia, 2007. Gerstner, sv. 2. ISBN 978-80-200-1505-1
- [9] Atlas oblaků: Mlha [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné také z: <http://mraky.astronomie.cz/mlha.php>
- [10] IN-POČASÍ: Jak vzniká a vypadá rosa, jíní nebo jinovatka [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/rosa-jini-jinovatka/>
- [11] SNOW.cz: Sněhové zpravodajství Praděd [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://snow.cz/snih-stav-snehu/detail/46-praded>
- [12] Česká televize: Ledovka, náledí, námraza. Víte, jaký je mezi nimi rozdíl? [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelevize.cz/veda/1957326-ledovka-naledi-namraza-vite-jaky-je-mezi-nimi-rozdil>
- [13] In-pocasi: Atmosferické srážky [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.in-pocasi.cz/aktualni-pocasi/srazky/>
- [14] Český hydrometeorologický ústav, Portál ČHMÚ [online]. [cit. 2019-03-25]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky#>

- [15] CIKÁNKOVÁ, J., E. KOBLÍŽKOVÁ, J. MERTL, J. POKORNÝ, T. PONOCNÁ, M. ROLLEROVÁ a V. VLČKOVÁ, Zpráva o životním prostředí České republiky 2014 [online]. [cit. 2019-04-09]. ISBN 978-80-85087-38-3. Dostupné z: http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/ZPRAVA_ZPCR_2014.pdf
- [16] ČERMÁKOVÁ, E., T. KOCHOVÁ, J. MERTL, T. MYŠKOVÁ, J. POKORNÝ, M. ROLLEROVÁ a V. VLČKOVÁ, Zpráva o životním prostředí České republiky 2017 [online]. [cit. 2019-04-09]. ISBN 978-80-87770-67-2. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publika ce/\\$FILE/OPZPUR-Zprava_ZP_CR_2017-20190116.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/zpravy_o_stavu_zivotniho_prostredi_publika ce/$FILE/OPZPUR-Zprava_ZP_CR_2017-20190116.pdf)
- [17] KREJČÍ, Vladimír a Willi GUJER, HLAVÍNEK, Petr a Evžen ZEMAN, ed. Odvodnění urbanizovaných území - koncepční přístup. Brno: NOEL 2000, 2002. ISBN 80-86020-39-8.
- [18] HLAVÍNEK, Petr a Petr PRAX, KUBÍK, Jiří, ed. Hospodaření s dešťovými vodami v urbanizovaném území. Brno: ARDEC, c2007. ISBN 978-80-86020-55-6.
- [19] BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, ed. Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1
- [20] BEDNÁŘ, Jan. Meteorologie. Praha: Portál, 2003. ISBN 80-7178-653-5
- [21] VTEI, Klasifikace kvality povrchových vod [online]. [cit. 2019-04-10]
- [22] ŽABIČKA, Zdeněk a Karel VRÁNA. Hospodaření se srážkovou vodou v nemovitostech: TP 1.20. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2011. Technické pomůcky k činnosti autorizovaných osob, TP 1.20. ISBN 978-80-87438-14-5.
- [23] Zákony pro lidi: zákon č. 254/2001 Sb. Vodní zákon [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-254>
- [24] Zákony pro lidi: zákon č. 274/2001 Sb. Zákon o vodovodech a kanalizacích [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-274?text=z%C3%A1kon+o+vodovodech+a+kanalizac%C3%ADch>
- [25] Zákony pro lidi: zákon č. 183/2006 Sb. Stavební zákon [online]. [cit. 2019-02-03]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-183?text=stavebn%C3%AD+%C5%99%C3%A1d>
- [26] Meteocentrum.cz [online]. [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/slozeni-atmosfery-zeme>
- [27] PITTER, Pavel. Hydrochemie. 5. aktualizované a doplněné vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2015. ISBN 978-80-7080-928-0.

[28] VÍTEK, Jiří, David STRÁNSKÝ, Ivana KABELKOVÁ, Vojtěch BAREŠ a Radim VÍTEK. Hospodaření s dešťovou vodou v ČR. Praha: 01/71 ZO ČSOP Koniklec, 2015. ISBN 978-80-260-7815-9.

[29] Hnutí duha: Znečištění ovzduší v České republice 2018 [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:

http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2018/11/znecistení_ovzdusi_cr_podklad_cad_2018.pdf

[30] Odvětvová technická norma vodního hospodářství TNV 75 9011: Hospodaření se srážkovými vodami, 2013.

[31] PhysicalGeography.net: Physical Properties of Water [online]. [cit. 2019-04-10]. Dostupné z:

http://www.physicalgeography.net/fundamentals/8b.html?fbclid=IwAR2E5S0I_sNBga_Dr9aQ47q2Xp34Vg2K6rLpFzXD2njyrdX8w5h45Q4vQLE

[32] In: VŠB-TUO, HGF: Oběh vody [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:

http://hgfl0.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/voda/fyzikalni/obeh_vody.htm

[33] TZB-info: Znečištění srážkových vod [online]. [cit. 2019-04-26]. Dostupné z:

<https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/141-znecistení-srazkovych-vod>

[34] Mapy.cz [online], [cit. 2019-04-15]. Dostupné z: <https://mapy.cz/>

[35] Jan Kašný, leden 2019, slovní sdělení.

[36] ČESKOSLOVENSKÁ STÁTNÍ NORMA 75 7143, In: . ročník 1991.

[37] Technologické návodky laboratoře KEI 546

[38] EuroClean: Zákal vody [online]. [cit. 2019-04-15]. Dostupné z:

<https://euroclean.cz/problemy-vody/zakal/>

[39] Stanovení veškerých látek při teplotě 105°C (VL105), E-shop Techneco.eu: e-shop Techneco Bazénová chemie [online]. [cit. 2019-04-13]. Dostupné z:

<https://eshop.techneco.eu/561-Stanoven%C3%AD-ve%C5%A1ker%C3%BDch-l%C3%A1tek-p%C5%99i-teplot%C4%9B-105-C-VL105>

[40] Atomová absorpční spektrometrie, Vítězslav Otruba [online]. [cit. 2019-04-28].

Dostupné z: https://is.muni.cz/el/1431/podzim2014/C7031/um/4_AS_AAS.pdf

SEZNAM ZKRATEK

ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
NL	nerozpuštěné látky
VL	veškeré látky
RL	rozpuštěné látky
CHSK	chemická spotřeba kyslíku
CHSK _{Mn}	chemická spotřeba kyslíku stanovená manganistanem draselným
AAS	atomová absorpční spektrofotometrie

SEZNAM OBRÁZKŮ

obrázek 1 - pohled na odběrné místo č. 3 s mlhou.....	5
obrázek 2 - pohled na zasněžený Praděd	6
obrázek 3 - tabulka znečišťujících látek na typech ploch a očekávané znečištění srážkových vod	16
obrázek 4 - koloběh vody.....	18
obrázek 5 - stupeň znečištění vod dle typu povrchu	18
obrázek 6 - odběrné místo č. 1	20
obrázek 7 - způsob odběru v Petřvaldě	20
obrázek 8 - odběrné místo č. 2	21
obrázek 9 - pohled na způsob odběru v Lošticích.....	21
obrázek 10 - odběrné místo č. 3	22
obrázek 11 - způsob odběru ve Staré Bělé.....	22
obrázek 12 - odběrné místo č. 4	23
obrázek 13 - pohled na odběrné místo č. 4	23
obrázek 14 - odběrné místo č. 5	24
obrázek 15 - pohled na odběrné místo č. 5	24
obrázek 16 - odběrné místo č. 6	25
obrázek 17 - způsob odběru v Chroustově.....	25
obrázek 18 - multimetr.....	27
obrázek 19 - změřený zákal z odběrného místa č. 1	28
obrázek 20 - analýza obsahu dusičnanů vzorky 1-6	38
obrázek 21 - měření dusitanů ve vzorcích	39

SEZNAM TABULEK

tabulka 1 - název deště dle vydatnosti srážky	3
tabulka 2 - projevy intenzity dešťů	8
tabulka 3 - srovnání ročního úhrnu srážek v ČR a MS kraji za posledních 6 let	8
tabulka 4 - látkové zastoupení v ovzduší	11
tabulka 5 - hodnoty stanovené v ČSN 75 7143 (Jakost vody pro závlahu)	26
tabulka 6 - tabulka stanovení pH, vodivosti a zákalu	28
tabulka 7 - množství veškerých, nerozpuštěných, rozpuštěných látek	30
tabulka 8 - koncentrace chloridů	32
tabulka 9 - koncentrace síranů	33
tabulka 10 - koncentrace vybraných látek	36
tabulka 11 - koncentrace dusičnanů a dusičnanového dusíku	38
tabulka 12 - koncentrace dusitanů a dusitanového dusíku	40
tabulka 13 - koncentrace amoniaku a amoniakálního dusíku	41
tabulka 14 - koncentrace celkového dusíku	42
tabulka 15 - chemická spotřeba kyslíku	43